



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

---

---

DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES

**ASPECTOS BIONÓMICOS DE *Zadiprion* sp.  
(Hymenoptera: Diprionidae)**

**TESIS**

**Que como requisito parcial  
para obtener el grado de:**

**MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES**

**Presenta:**

**ALEXA HERNÁNDEZ CONTRERAS**

**Bajo la supervisión de: DAVID CIBRIÁN TOVAR, Dr.**



Chapingo, Estado de México, Junio de 2022

**ASPECTOS BIONÓMICOS DE *Zadiprion* sp. (Hymenoptera: Diprionidae)**

Tesis realizada por **ALEXA HERNÁNDEZ CONTRERAS** bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES**

DIRECTOR: \_\_\_\_\_



MC. DAVID CIBRIÁN TOVAR

ASESOR: \_\_\_\_\_



MC. ANTONIO VILLANUEVA MORALES

ASESOR: \_\_\_\_\_



DR. GUILLERMO SÁNCHEZ MARTÍNEZ

## CONTENIDO

CONTENIDO .....	III
LISTA DE CUADROS .....	VI
LISTA DE FIGURAS .....	VIII
LISTA DE APÉNDICES.....	IX
DEDICATORIA .....	X
AGRADECIMIENTOS.....	XI
DATOS BIOGRÁFICOS.....	XII
RESUMEN GENERAL .....	1
GENERAL ABSTRACT .....	2
1 INTRODUCCIÓN GENERAL .....	3
1.1 Justificación.....	5
1.2 Objetivo general .....	5
1.2.1 Objetivos particulares .....	5
1.3 Hipótesis.....	5
1.4 Literatura citada.....	6
2 REVISIÓN DE LITERATURA.....	9
2.1 Insectos defoliadores.....	9
2.2 Antecedentes de moscas sierra .....	9
2.3 Descripción del género <i>Zadiprion</i> .....	13
2.3.1 Adulto.....	13
2.3.2 Larva.....	14
2.4 <i>Zadiprion</i> .....	14
2.5 Problemática forestal del género <i>Zadiprion</i> en México.....	16
2.6 Impacto de <i>Zadiprion</i> sp. en la Sierra Norte de Oaxaca.....	18
2.7 Infestaciones y tratamientos de combate de mosca sierra del género <i>Zadiprion</i> sp. en Sierra Norte .....	19
2.8 Literatura citada.....	21
3 DESCRIPCIÓN Y BIOLOGÍA DE UNA NUEVA ESPECIE DE <i>ZADIPRION</i> (HYMENOPTERA: DIPRIONIDAE) EN LA SIERRA JUÁREZ DE OAXACA .....	27
3.1 RESUMEN .....	27

3.2	ABSTRACT .....	29
3.3	INTRODUCCIÓN.....	30
3.4	MATERIALES Y MÉTODOS .....	32
3.4.1	Recolección y medición de huevos.....	33
3.4.2	Recolección y medición de larvas.....	34
3.4.3	Medición de capullos. ....	35
3.4.4	Recolecta, descripción y medición de adultos .....	35
3.4.5	Ciclo biológico.....	36
3.4.6	Condición de capullos recolectados en campo .....	36
3.5	RESULTADOS .....	37
3.5.1	Descripción de la especie .....	37
	Adulto.....	37
	Huevos.....	40
	Larva.....	41
	Capullos.....	44
3.5.2	Ciclo biológico.....	44
3.6	DISCUSIÓN .....	47
3.7	CONCLUSIONES.....	48
3.8	AGRADECIMIENTOS .....	48
3.9	REFERENCIAS.....	49
4	EVALUACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS DE COMBATE REALIZADOS PARA <i>ZADIPRION</i> (HYMENOPTERA: DIPRIONIDAE) EN LA SIERRA JUÁREZ DE OAXACA.....	54
4.1	Resumen .....	54
4.2	Abstract .....	55
4.3	Introducción.....	56
4.4	Materiales y métodos .....	57
4.4.1	Zona de estudio .....	57
4.4.2	Tratamientos de combate .....	58
4.4.3	Aplicación de los tratamientos .....	59
	Aspersión aérea.....	59

Aspersión terrestre.....	60
Combate físico-mecánico, escarificación de suelos.....	60
4.4.4 Colecta y manejo de muestras.....	61
4.4.5 Análisis de datos.....	62
4.5 Resultados .....	63
4.5.1 Población total y promedio de capullos de 2019.....	63
4.5.2 Comparación estadística de cada método de combate .....	65
Interacción comunidad-tratamiento.....	65
Santa Catarina Ixtepeji.....	66
Pueblos mancomunados .....	67
Ixtlán de Juárez.....	68
4.6 Discusión.....	69
4.7 Conclusiones.....	70
4.8 Agradecimientos.....	71
4.9 Literatura citada.....	71
5 APENDICES .....	74

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Reportes de infestación por larvas del género <i>Zadiprion</i> en México.	10
Cuadro 2. Características morfológicas de los adultos del género <i>Zadiprion</i> y <i>Neodiprion</i> . (Smith, 1988; Ojeda, 2011).....	13
Cuadro 3. Características de las larvas del género <i>Zadiprion</i> y <i>Neodiprion</i> . (Sánchez Martínez, 2017; González Gaona y Sánchez Martínez, 2018). .....	14
Cuadro 4. Distribución geográfica del género <i>Zadiprion</i> en México (Smith, et al., 2012; Aguilera-Molina et al. , 2019; ,Smith, 2019). .....	15
Cuadro 5. Afectación del género <i>Zadiprion</i> en México. ....	17
Cuadro 6. Superficie afectada por defoliador en la Sierra Norte de Oaxaca, 2019.....	20
Cuadro 7. Parámetros estimados de las funciones de distribución normal del ancho de cabeza en larvas de <i>Zadiprion llanderalae</i> nov. sp por estadio.....	42
Cuadro 8. Límites de los rangos del ancho de la cabeza (mm) de las larvas de <i>Zadiprion llanderalae</i> nov. sp por estadio. ....	42
Cuadro 9. Superficie afectada por la mosca sierra <i>Zadiprion llanderalae</i> nov. sp. en 2019 en la Sierra Norte de Oaxaca.....	58
Cuadro 10. Aspersión aérea de Bt+BMP con helicóptero Bell 206, en polígonos por comunidad inspeccionada (datos de la UCOSIJ). ....	60
Cuadro 11. Sitios y (unidades muestrales) para la evaluación de los tratamientos de combate utilizados. ....	62
Cuadro 12. Capullos de 2019, totales del muestreo por comunidad.....	64
Cuadro 13. Promedios de capullos muestreados por m <sup>2</sup> para cada comunidad. ....	65
Cuadro 14. Medias de los mínimos cuadrados de los tratamientos de combate en Santa Catarina Ixtepeji.....	67

Cuadro 15. Medias de los mínimos cuadrados de los tratamientos de combate en  
Pueblos Mancomunados. .... 68  
Cuadro 16. Medias de los mínimos cuadrados de los tratamientos de combate en  
Ixtlán de Juárez..... 69

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del municipio de Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca y del sitio de estudio. ....	33
Figura 2. <i>Zadiprion llanderalae</i> nov.sp. A) Vista dorsal (cabeza y tórax), B) vista lateral con la mancha característica de la especie en el mesepisterno (flecha), C) lanceta de la hembra de <i>Z. llanderalae</i> nov. sp. con nueve anillos; y de <i>Z. falsus</i> con once anillos D). muestras de referencia depositadas en la Colección de Insectos Forestales del INIFAP, Campo Experimental Pabellón. ....	39
Figura 3. <i>Zadiprion llanderalae</i> nov. sp. (A) Patas posteriores, (B) ala anterior y (C) ala posterior. <i>Z. llanderalae</i> nov. sp. macho. D) vista frontal, E) vista dorsal y F) vista lateral. ....	39
Figura 4. Hembra y huevos de <i>Zadiprion llanderalae</i> nov. sp., en acículas de <i>P. oaxacana</i> . 2 de julio de 2021. ....	41
Figura 5. Larvas de <i>Z. llanderalae</i> nov. sp. A) Primer estadio, recién emergido del huevo, B) estadio intermedio y C) estadio maduro. ....	44
Figura 6. Periodo en que ocurren las etapas de desarrollo de <i>Zadiprion llanderalae</i> nov. sp. en Santa Catarina Ixtepeji, Sierra Norte de Oaxaca. ....	46
Figura 7. Ubicación geográfica del municipio de Santa Catarina Ixtepeji, Pueblos Mancomunados e Ixtlán de Juárez, Oaxaca y del sitio de estudio.....	58
Figura 8. Gráfica de interacción entre los tratamientos y las comunidades. ....	66

## LISTA DE APÉNDICES

Apéndice 1. Salida de <i>Zadiprion llanderalae</i> nov. sp. en estado adulto de un capullo recolectado. ....	74
Apéndice 2. <i>Zadiprion llanderalae</i> nov. sp. adulto obtenido de capullos obtenidos en laboratorio. ....	75
Apéndice 3. Sitio de muestreo de 1m <sup>2</sup> donde se recolectaron capullos en Ixtlán de Juárez. ....	76
Apéndice 4. Capullos de <i>Zadiprion llanderalae</i> nov. sp. A) Enteros, B) parasitados y C) de donde emergieron adultos. ....	77
Apéndice 5. Larvas de <i>Zadiprion llanderalae</i> nov. sp. en Santa Catarina Ixtepeji. ....	78
Apéndice 6. Árboles defoliados por <i>Zadiprion llanderalae</i> nov.sp. en Santa Catarina Ixtepeji. ....	79

## **DEDICATORIA**

A mi PADRE y mi MADRE que con su esfuerzo y dedicación me ayudaron a culminar la maestría, siempre estar presentes y apoyarme para no decaer cuando todo parecía complicado e imposible.

A VANIA que con sus palabras me hace sentir orgullosa de lo que soy y de lo que le puedo enseñar, por animarme cuando más lo necesito.

A MARTÍN por siempre darme el apoyo necesario cuando las cosas se ponen más difíciles.

A mis COMPAÑEROS de la maestría, aunque no compartimos tanto tiempo presencialmente , siempre estuvieron dando palabras de aliento durante todo este proceso.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento otorgado para realizar mis estudios de posgrado.

A la Universidad Autónoma Chapingo y a la Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales por permitirme realizar mis estudios en sus instalaciones.

Al INIFAP, Campo Experimental Pabellón, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes y su personal por su accesibilidad al permitirme utilizar sus instalaciones para realizar las investigaciones necesarias para culminar este trabajo.

Al Dr. Guillermo Sánchez Martínez por su gran apoyo, tiempo y accesibilidad en los trabajos realizados durante este proyecto.

Al Dr. Antonio Villanueva Morales por su accesibilidad a las circunstancias en las que tuvimos que trabajar durante este proyecto.

Y en especial al Dr. David Cibrián Tovar, por su excelente guía en esta investigación y compartir sus conocimientos a lo largo de este trabajo.

A las autoridades comunales Mario Guadalupe Gómez Juárez, Salomón Juárez León, Francisco Pedro Luna, Faustino Santiago García y sus respectivos miembros de cabildo, por su accesibilidad y amabilidad al realizar el trabajo en las comunidades de Santa Catarina Ixtepeji, Ixtlán de Juárez y Pueblos Mancomunados.

A Juvencio Hernández Hernández por todo el apoyo brindado y los conocimientos compartidos a lo largo del proyecto.

## DATOS BIOGRÁFICOS



### Datos personales

Nombre	Alexa Hernández Contreras
Fecha de nacimiento	04 de diciembre de 1994
Lugar de Nacimiento	Oaxaca de Juárez, Oaxaca
CURP	HECA941204MOCRNL08
Profesión	Ingeniero en Tecnología de la Madera
Cédula profesional	11809565

### Desarrollo académico

Bachillerato	Colegio de Bachilleres del Estado de Oaxaca 01Pueblo Nuevo
Licenciatura	Universidad de la Sierra Juárez, Ingeniería en Tecnología de la Madera

## BIONOMIC ASPECTS OF *Zadiprion* sp. (Hymenoptera: Diprionidae)

### RESUMEN GENERAL

En los bosques de la Sierra Juárez de Oaxaca, de 2018 a 2021, se presentaron infestaciones severas por una mosca sierra del género *Zadiprion* (Hymenoptera: Diprionidae). Mediante estudios taxonómicos se determinó que era una especie no descrita, por ello se describe por primera vez, con el nombre de *Zadiprion llanderalae* Martínez y Cibrián. Se describe el ciclo biológico, estudiado en los bosques de Santa Catarina Ixtepeji, reconociendo que tiene una generación por año. El número de estadios larvales se estimó a través de la medición del ancho de la cabeza de 452 larvas, los datos se ajustaron con un modelo matemático identificando seis estadios larvales. En la región se hicieron controles biológicos de la plaga, con aspersiones aéreas y terrestres de entomopatógenos, por ello, seis meses después de las aspersiones, se hicieron muestreos de suelo para evaluar la cantidad de capullos que se lograron formar después del control. En cada una de las comunidades de Santa Catarina Ixtepeji, Pueblos Mancomunados e Ixtlán de Juárez se levantaron 55 unidades de muestreo de 1 m<sup>2</sup>. Mediante el procedimiento GLIMMIX de SAS se ajustó un Modelo Lineal Generalizado (MLG) Binomial Negativo a los conteos de capullos. La evaluación de poblaciones de capullos demuestra una tendencia a la baja, con una media de 35.42 capullos/m<sup>2</sup>. Las medias de los capullos obtenidos para Santa Catarina Ixtepeji fueron 21.06, 24.86, 57.93 y 59.80; Pueblos Mancomunados con 45.93, 53.93, 23.06 y 18.10; y en Ixtlán de Juárez fueron 42.00, 32.93, 8.33 y 19.30; para los tratamientos: testigo, aspersión aérea, aspersión terrestre y escarificación, respectivamente. Se reconoció que no hubo diferencias significativas entre el testigo y el tratamiento aéreo y que solo el tratamiento de escarificación fue distinto al testigo en una de las tres localidades. Como resultado de la evaluación se modificó la mezcla de entomopatógenos a utilizar en campañas subsecuentes.

**Palabras clave:** Ciclo biológico, control biológico, mosca sierra, parasitoidismo, plaga forestal.

Tesis de Maestría en Ciencias, Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo

Autor: Alexa Hernández Contreras

Director de Tesis: Dr. David Cibrián Tovar

## ASPECTOS BIONÓMICOS DE *Zadiprion* sp. (Hymenoptera: Diprionidae)

### GENERAL ABSTRACT

In the forests of the Sierra Juárez of Oaxaca, from 2018 to 2021, severe outbreaks by a sawfly species of the genus *Zadiprion* (Hymenoptera: Diprionidae) were registered. After taxonomic studies we find that the sawfly was an undescribed species, here we describe it for the first time with the name *Zadiprion llanderalae* Sánchez-Martínez & Cibrián-Tovar. The biological cycle, studied in the forests of Santa Catarina Ixtepeji, is also described. One generation per year was recorded. The number of larval stages was estimated by measuring the width of the head of 452 larvae, the data was adjusted with a mathematical model identifying six instars. Biological controls of the pest were carried out in the region, with aerial and terrestrial spraying of entomopathogens, therefore, six months after the spraying, soil samples were taken to evaluate the number of cocoons that managed to form adults after control. In each of the communities of Santa Catarina Ixtepeji, Pueblos Mancomunados and Ixtlán de Juárez, 55 sampling units of 1 m<sup>2</sup> were collected. Using the GLIMMIX procedure of SAS, a Negative Binomial Generalized Linear Model (GLM) was fitted to the cocoon counts. The evaluation of cocoon populations shows a downward trend, with an average of 35.42 cocoons/m<sup>2</sup>. The means of the cocoons obtained for Santa Catarina Ixtepeji were 21.06, 24.86, 57.93 and 59.80; Pueblos Mancomunados with 45.93, 53.93, 23.06 and 18.10; and Ixtlán de Juárez with 42:00, 32:93, 8:33 and 19:30; for the treatments: control, aerial spraying, ground spraying, and scarification, respectively. We find no significant differences between the control and the aerial treatment and only the scarification treatment was different from the control in one of the three locations. As a result of the evaluation, the mixture of entomopathogens to be used in subsequent campaigns was modified.

**Key words:** Biological cycle, biological control, pine sawfly, parasitoidism, forest pest.

Master of Science Thesis, Master of Science in Forestry Sciences, Universidad Autónoma Chapingo, Mexico.

Author: Alexa Hernández Contreras

Advisor: Dr. David Cibrián Tovar

## 1 INTRODUCCIÓN GENERAL

México presenta bosque de pino-encino en todo su territorio, exceptuando Yucatán, en el cual presenta una gran biodiversidad de pinos (55 especies) y encinos (138 especies), presentando gran relevancia por su importancia como recurso forestal para la extracción de madera, en la producción de servicios ecosistémicos y los programas de manejo forestal autorizados (Rzedowski, 2006; González- Elizondo, González-Elizondo, Tena-Flores, Ruacho-González, y López-Enríquez, 2012; Guzmán-Mendoza, Zavala-Hurtado, Castaño-Meneses, y León-Cortés, 2014).

Los incendios forestales, tala excesiva, plagas y enfermedades son algunos de los problemas a los cuales se enfrentan los bosques de México (Salinas, Vargas, Zúñiga, Ager, y Hayes, 2010; Sosa et al., 2018). Entre las plagas más destacadas se encuentran los descortezadores de pino y los defoliadores de los géneros *Zadiprion*, *Neodiprion* y *Monoctenus*, conocidos estos como moscas sierra de coníferas (Hymenoptera: Diprionidae) (Castro, 1981, Cibrián-Tovar et al., 1998; González et al., 2014). Las moscas sierra presentan preferencias por las siguientes familias arbóreas Pinaceae (*Pinus*, *Picea* y *Abies*) y Cupresaseae (*Juniperus* y *Cupressus*) (Smith, 1988; Knerer, 1993; Linnen & Farrell, 2010).

Las hembras de las moscas sierras pueden ser muy parecidas externamente, pero hay características distintivas que son únicas en cada especie. Las especies de la familia Diprionidae se identifican por la forma de la lanceta del ovipositor de la hembra (Smith, 1988; Smith, Sánchez-Martínez, & Ordaz-Silva, 2010; Smith, Sánchez-Martínez & Ojeda-Aguilera, 2012 y Sánchez-Martínez, 2017).

El daño ocasionado por los defoliadores provoca la reducción de la superficie fotosintética, la alteración en el proceso de transpiración y asociación de

nutrimentos, suspensión de resina, defoliaciones severas, modificación en el crecimiento y desarrollo del árbol, y la muerte de este (Bauerle, Rutherford, & Lanfranco, 1997; Arguedas-Gamboa, 2006 y Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2020).

Se tiene registro de la presencia del género *Zadiprion* en los bosques de México desde inicios del siglo XX, causando con frecuencia un grave daño a la masa arbórea (Rodríguez, 1990 y Cibrián-Tovar, Méndez-Montiel, Campos-Bolaños, Yates III, & Flores-Lara, 1995). En México se tiene información de que se presenta una generación por año (González-Goana y Sánchez-Martínez, 2018).

Entre las comunidades de la Sierra Juárez que han sido reportadas afectadas por el género *Zadiprion* se encuentran Ixtlán de Juárez, Santa Catarina Ixtepeji, Santiago Xiacuí, Santa María Jaltianguis, Pueblos Mancomunados y Nuevo Zoquiapam (Unión Estatal de Silvicultores Comunitarios del Estado de Oaxaca [UESCO], 2018). Las infestaciones se presentaron desde 2015 hasta 2021, siendo afectadas en este último año 12,194 ha. Por ello, durante 2019, 2020 y 2021, se desarrollaron campañas de combate, principalmente mediante la aplicación de insecticidas biológicos asperjados con helicóptero (Comisión Nacional Forestal [CONAFOR], 2021).

Aunque CONAFOR se refiere a *Z. falsus* como la especie plaga en la región Sierra Norte de Oaxaca, González-Goana y Sánchez-Martínez (2018) indicaron que su biología y ecología de la especie no pertenecían a esta y que era otra especie por lo tanto era necesaria una identificación detallada. Aguirre-Hidalgo, Casasola-González, Alfonso-Corrado, Santiago-García, y Clark-Tapia, (2020) identificaron a *Z. howdeni* como el defoliador presente en la zona de Ixtlán de Juárez, pero se presume que no es la misma especie para todas las comunidades cercanas.

## **1.1 Justificación**

La incidencia de la plaga del defoliador de pinos en Oaxaca tiene un impacto económico en los bosques donde se desarrolla el aprovechamiento forestal comercial. Ya se ha desarrollado, con apoyo del gobierno federal, un método de control mediante aspersiones de bioplaguicidas, el cual requiere ser evaluado en su efectividad.

Se desconocen aspectos biológicos del insecto y hay pocos datos de la ecología sobre esta especie, lo que conlleva que la incidencia de esta plaga cause efectos de mortalidad.

De lo anterior parte la importancia de realizar estudios más específicos sobre cómo tratar plagas de este tipo.

## **1.2 Objetivo general**

Generar información sobre aspectos biológicos y ecológicos del defoliador *Zadiprion* sp. que afecta el arbolado forestal y evaluar la efectividad de los métodos de combate en la Sierra Norte de Oaxaca.

### **1.2.1 Objetivos particulares**

- Determinar la identidad de la especie de mosca sierra.
- Determinar el ciclo biológico y magnitud del parasitismo natural.
- Evaluar la efectividad de los métodos de combate aplicados en la campaña 2019.

## **1.3 Hipótesis**

La información generada sobre la identidad de la plaga y sus aspectos biológicos permitirá establecer mejores calendarios de control de la plaga y mediante la evaluación de la efectividad de los tratamientos se optimizará el combate.

#### 1.4 Literatura citada

- Aguirre-Hidalgo, V., Casasola-González, J. A., Alfonso-Corrado, C., Santiago-García, E., y Clark-Tapia, R. (2020). Registro y ecología de *Zadiprion howdeni* (Hymenoptera: Diprionidae) en Ixltán de Juárez, Oaxaca. *Madera y Bosques*, 26(3), e2631943. doi: 10.21829/myb.2020.2631943
- Arguedas-Gamboa, M. (2006). Clasificación de tipos de daños producidos por insectos forestales. Segunda parte. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 3(9), 64-71. Recuperado de <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/508>
- Bauerle, P., Rutherford, P., y Lanfranco, D. (1997). Defoliadores de roble (*Nothofagus obliqua*), raulí (*N. alpina*), coigüe (*N. dombeyi*) y lenga (*N. pumilio*). *Bosque*, 18(2), 97-107. Doi: 10.4206/bosque.1997.v18n2-11
- Castro, J. (1981). Contribución al estudio de la biología del defoliador de pino *Neodiprion fulviceps* (Cresson) complex (Hymenoptera: Diprionidae) en el estado de Chihuahua. *Revista Ciencia Forestal*, 6(30), 43-51.
- Cibrián-Tovar, D., Méndez-Montiel, J. T., Campos-Bolaños, R., Yates III, H. O., & Flores-Lara, J. (1995). *Insectos forestales de México (pp. 174-177)*. Publicación No. 6. Chapingo, Estado de México, México: Universidad Autónoma de Chapingo – SARH – SFFS – USDA – NRC – CFAN - FAO.
- Cibrián-Tovar, D., Lagunes, A. T., Bravo, H. M., Carrillo-Sánchez, J. L., Sosa M. C., y Vera, G. J. (1998). Control de insectos de conos y semillas de árboles forestales. *Revista Chapingo. Serie: Ciencias Forestales y del Ambiente*, 4(2), 285-296. Recuperado de <https://revistas.chapingo.mx/forestales/?section=articles&subsec=issues&numero=213&articulo=2141>
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2021). *Diagnóstico fitosanitario del estado de Oaxaca, Primer semestre, año 2021*. Gerencia Estatal Oaxaca.
- González-Elizondo, M. S.; González-Elizondo, M.; Tena-Flores, J.; Ruacho-González, L. y López-Enríquez, L. (2012). Vegetación de la Sierra Madre Occidental, México: Una síntesis. *Acta Botánica Mexicana*, 100, 351-403. doi: 10.21829/abm100.2012.40
- González, G. E., F. Bonilla, T., S. Quiñonez, B., G. Sánchez, M., F. Tafoya, R., M. P. España, L., J. Lozano, G., y S. Robles, U. (2014). *Guía para la identificación de moscas sierra de la familia Diprionidae presentes en el Centro Norte de México*. Publicación Especial 41. INIFAP-CIRNOC-CEPAB. 36 p. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Recuperado de [http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/4201/01020882600066360\\_CIRNOC.pdf?sequence=1](http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/4201/01020882600066360_CIRNOC.pdf?sequence=1)
- González-Gaona, E., y Sánchez-Martínez, G. (2018). *Identificación y manejo de moscas sierra de la familia Diprionidae presentes en el centro norte de*

- México. Folleto Técnico. Fondo Sectorial para la Investigación, el Desarrollo y la Innovación Tecnológica Forestal (CONACYT-CONAFOR). Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México.
- Guzmán-Mendoza, R; Zavala-Hurtado, J. A.; Castaño-Meneses, G., y León-Cortés, J. L. (2014). Comparación de la mirmecofauna en un gradiente de reforestación en bosques templados del centro occidente de México. *Madera y Bosques*, 20(1), 71-83.
- Knerer, G. (1993). Life history diversity in sawflies. In M. Wagner and K.F. Raffa (eds.) *Sawfly life-history adaptations to woody plants* (pp. 33-60). Academic Press, San Diego, CA.
- Linnen C. R., & Farrell, B. D. (2010). A test of the sympatric host race formation hypothesis in *Neodiprion* (Hymenoptera: Diprionidae). *Proceedings of the Royal Society B*. 277, 3131- 3138. doi:10.1098/rspb.2010.0577.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2020). *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020—Principales resultados*. Roma. doi: 10.4060/ca8753es
- Rodríguez L. R. (1990). *Plagas Forestales y su control en México*. Chapingo, Estado de México: Universidad Autónoma de Chapingo.
- Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México*. 1era. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. 504. Recuperado de [https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMx\\_Cont.pdf](https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMx_Cont.pdf)
- Salinas, M. Y., Vargas, C. F., Zúñiga, G., Ager, J. V., y Hayes, J. L. (2010). *Atlas de distribución geográfica de los descortezadores del género Dendroctonus (Curculionidae: Scolytinae) en México*. Instituto Politécnico Nacional. Comisión Nacional Forestal. Zapopan; Jal., México. 90. Recuperado de <http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/10%20Material%20de%20Consulta/Literatura/lectura%20adicional%20Atlas%20Distribuci%C3%B3n%20Descortezador.pdf>
- Sánchez-Martínez, G. (2017). Familia Diprionidae. En Cibrián T., D. (Ed.). *Fundamentos de Entomología Forestal* (pp. 321-325.). Publicación de la Red de Salud Forestal, Redes Temáticas de la Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), Universidad Autónoma Chapingo y Comisión Nacional Forestal, Chapingo, Texcoco, Estado de México, México.
- Smith, D. R. (1988). A synopsis of the sawflies (Hymenoptera: Symphyta) of America south of the United States: Introduction, Xyelidae, Pamphiliidae, Cimbicidae, Diprionidae, Xiphydriidae, Siricidae, Orussidae, Cephidae. *Systematic Entomology*, 13, 205-261. doi: 10.1111/j.1365-3113.1988.tb00242.x

- Smith, D. R., Sánchez-Martínez, G., & Ordaz-Silva, S. (2010). A new *Monoctenus* (Hymenoptera: Diprionidae) damaging *Juniperus flaccida* (Cupressaceae) in San Luis Potosí, México. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 112, 444–450. doi: 10.4289/0013-8797.112.3.444
- Smith, D. R., Sánchez-Martínez, G., & Ojeda-Aguilera, A. (2012). A new species of *Zadiprion* (Hymenoptera: Diprionidae) on *Pinus durangensis* from Chihuahua, México, and a review of other species of the genus. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 114(2), 224-237. doi:10.4289/0013-8797.114.2.224
- Sosa, D. L.; Méndez, G. J.; García, A. M. A.; Cambrón, S. V. H.; Villarreal, Q. J. A.; Ruiz, G. C. G., y Montoya, J. J. C. (2018). Distribución potencial de barrenadores, defoliadores, descortezadores y muérdagos en bosques de coníferas de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(47), 187-208. doi: 10.29298/rmcf.v9i47.159
- Unión Estatal de Silvicultores Comunitarios del Estado de Oaxaca “U.N.E.S.C.O, A.C.” (UESCO). (2018). *Proyecto de contingencia fitosanitaria para el combate y control de insectos defoliadores mosca sierra (*Zadiprion falsus* y *Neodiprion bicolor*) e insectos descortezadores (*Dendroctonus adjunctus*) en las regiones Sierra Norte, Sierra Sur, Valles Centrales y Costa del estado de Oaxaca*. Recuperado de <http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/02%20Informes%20de%20acciones%20operativas/CordinacionInstitucional/SAN3AP0818201698%20CONTINGENCIA%20FITOSANITARIA%20FORESTAL.pdf>

## 2 REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Insectos defoliadores

Los insectos defoliadores se alimentan del follaje de los árboles provocando la reducción de la superficie fotosintética, pérdida de vitalidad, alteración en el proceso de transpiración y asociación de nutrimentos, reducción en su crecimiento, disminución de producción de resina, defoliaciones severas, alteración del crecimiento del árbol y estructura de los anillos de crecimiento y pueden llegar a provocar su muerte, disminuyendo así el valor del recurso forestal (Nolasco, 2014; Sánchez-Martínez, 2017). Las especies que tienen este hábito de alimentación se encuentran principalmente en los órdenes Orthoptera, Lepidoptera e Hymenoptera (Sánchez-Martínez, 2017).

### 2.2 Antecedentes de moscas sierra

La familia Diprionidae (orden Hymenoptera) se compone de aproximadamente 130 especies y 11 géneros de los cuales *Zadiprion*, *Neodiprion* y *Monoctenus* tienen mayor importancia en Norteamérica (Sánchez-Martínez, 2017).

Se conocen siete especies pertenecientes al género *Zadiprion* (*Zadiprion falsus* Smith, *Zadiprion rohweri* Middleton, *Zadiprion townsendi* Cockerell, *Zadiprion ojedae* Smith & Sánchez-Martínez, *Zadiprion roteus* Smith, *Zadiprion howdeni* Smith; *Zadiprion jeffreyi* Smith) (Smith, 1988; Smith, Sánchez-Martínez y Ojeda-Aguilera, 2012; Smith, 2019).

En México se tienen registro de afectaciones en los bosques por *Zadiprion* a partir del siglo XX, pero se reportaron intensas defoliaciones desde 1970 (Rodríguez, 1990; Cibrián-Tovar, Méndez-Montiel, Campos-Bolaños, Yates III, y Flores-Lara, 1995; Coria-Avalos, González-Gaona, Pulido-Herrera y Muñoz-Flores, 2014, López-Sánchez et al., 2017; Olivo, 2018).

En el Cuadro 1 se resume la aparición y daños provocados por la mosca sierra en la República Mexicana.

Cuadro 1. Reportes de infestación por larvas del género *Zadiprion* en México.

Estado	Información familia Diprionidae
Michoacán	<p>La presencia de <i>Z. falsus</i> (= <i>vallicola</i>) se observó en el estado de Michoacán en la Meseta Tarasca en 1912, se registró un daño aproximado de 15,000 ha (Cisneros, 1970; Méndez y Cibrián, 1985), en 1988 se reportó su presencia en el municipio de Uruapan, se alimentaban de <i>P. patula</i>, <i>P. lawsoni</i>, <i>P. leeiophila</i> y <i>P. ayacahuite</i> (Smith, 1988; Rodríguez, 1990).</p>
	<p>En los años de 1930, 1943 y de 1966 a 1974 se reportaron brotes en <i>P. devoniana</i> Lindley, <i>P. montezumae</i> Lamb. y <i>P. pseudostrobus</i> Lindl. var. <i>Pseudostrobus</i>, siendo los más severos durante la década de 1960 y 1974 su impacto represento 7,000 ha y 60,000 ha respectivamente (Solórzano, 1977; Méndez y Cibrián, 1985; Cibrián et al., 1995).</p>
	<p>Solórzano (1977) en 1967 al sureste del Estado se calculó 7,052 ha afectadas por la defoliación de <i>P. montezumae</i> Var. <i>Lindleyi</i> Loudon, <i>P. pseudostrobus</i> Var. <i>protuberans</i> Martínez y <i>P. leiophylla</i> Schl et Cham., y en 1968 se reportó presencia de <i>Z. vallicola</i> en 10,578 ha.</p>
Durango	<p>De 1983 a 1986, en los municipios de San Dimas y Pueblo Nuevo fueron defoliados alrededor de 3,000 ha por <i>Z. falsus</i> atacando principalmente a <i>P. durangensis</i> Martínez, <i>P. maximinoi</i> H. E. Moore y <i>P. devoniana</i> (Álvarez, 1987; Cassian, Miranda, Salazar, y Cibrián-Tovar, 1987; Miranda-Salazar, Salazar-Hernández, Coria-Quñones, 1999).</p>
	<p>Infestación de <i>Z. falsus</i>, <i>Neodiprion omosus</i> Smith y <i>Neodiprion fulviceps</i> (Cresson) Complex, en los municipios de Pueblo Nuevo y San Dimas, Durango. Se utilizaron remoción y quema de pupas, así como aspersion de hongos entomopatógenos como tratamientos de combate, en el periodo de noviembre 2004 a agosto 2005 se realizaron los mismos trabajos (Quiñonez, 2006).</p>
	<p>Quiñonez (2006) reporto presencia de <i>Zadiprion</i> sp. en las localidades de El Panchón, San Cayetano y La Frangüita defoliando a <i>P. durangensis</i>, pero con la aplicación de hongos entomopatógenos por medio de motobomba y quemadas controladas y para el 2011 reportaron disminución de larvas en el ejido Los Bancos y en el predio Cruz de Piedra, mientras en el paraje de El Pachón se encontraron larvas afectando <i>P. durangensis</i>, pero estas estaban infectadas por enfermedades virales; para 2012, la población había disminuido (Sánchez-Martínez, Alanis-Morales, Cano-Rodríguez, y Olivo-Martínez, 2012).</p>

---

	<p>Los adultos de <i>Zadiprion</i> sp., se presentan en junio-agosto con los mayores daños en septiembre-octubre, se han observado diferencias entre las larvas, lo cual pudiera sugerir la presencia de varias especies involucradas en el ataque, en esta visita también se constató la presencia de larvas afectadas por enfermedades virales (Quiñonez, 2006).</p>
Jalisco	<p>En la Sierra del Tigre en el municipio de Gómez Farías durante el 2006 al 2011 hubo defoliación de 5,000 ha principalmente afectando a <i>P. maximinoi</i>, <i>P. tenuifolia</i>, <i>P. leiophylla</i>, <i>P. devoniana</i> y <i>P. douglasiana</i> Martínez a causa de <i>Z. falsus</i> (González Gaona y Sánchez Martínez, 2018).</p> <p>En el 2012 se reportó la presencia de <i>Zadiprion</i> sp. en <i>P. devoniana</i> en San Juan de los Potreros, Chimaltitlán causando daños en 1 ha (González Gaona y Sánchez Martínez, 2018).</p> <p>González-Gaona et al. (2014) reportó la presencia de <i>Zadiprion</i> sp. en Sierra de Arteaga, Coahuila.</p>
Coahuila	<p>Se detectó en marzo de 2013 la presencia de <i>Z. rohweri</i> en <i>P. rudis</i> Endl. en el Hotel Monterreal en su campo de golf y en otros dos árboles en sus instalaciones, por lo que se denominó especie endémica por el tamaño de la infestación (Smith, Monjarás-Barrera, Aguilar-Hernández, &amp; Quiñones-Dena, 2016; González Gaona y Sánchez Martínez, 2018).</p>
Chihuahua	<p>En la década de los ochenta Castro (1981), detecto defoliación de <i>P. arizonica</i> por <i>Zadiprion</i> sp. empezando el estudio sobre la biología del insecto.</p> <p>Townsend en 1918 realizó una colecta de <i>Zadiprion vallicola</i> Rohwer en la Mesa del Huracán (Smith, 1988), pero después se descubrió que la identificación fue equivocada y se trataba de <i>Neodiprion autumnalis</i> Smith (Sánchez et al., 2012).</p> <p>Olivo (1988), en 1968 realizó un registro del ciclo de vida y hábitos de <i>Z. falsus</i> (=vallicola), reportando defoliación en <i>P. arizonica</i> Engelm. y se determinó especie endémica.</p> <p>Durante 2007-2009, se localizó <i>Zadiprion</i> sp. en Guachochi defoliando 3,539 ha principalmente a <i>P. durangensis</i> a una altitud de 2,068 a 2,646 msnm (Olivo, 2011). Durante 2010 y 2011, se determinó que no era <i>Z. falsus</i> sino <i>Z. ojadae</i> la especie que defoliaba en la zona de Guachochi y que solo realiza una generación por año emergiendo los adultos durante agosto a noviembre siendo su principal hospedero <i>P. durangensis</i> (Sánchez et al., 2012).</p> <p>La biología de <i>Z. ojadae</i> se estudió en los predios Zaparichi, Mesa de Cosympac y Mesa Pelona. Mientras que la Sierra La Magdalena se vio afectada por larvas oscuras de <i>Zadiprion</i> sp. (presumiblemente <i>Z. townsendi</i> Cockerell) defoliando árboles de <i>P. ayacahuite</i> Ehrenb. Ex Schltld., y también se encontraron larvas de</p>

---

---

	<p><i>Zadiprion</i> sp. alimentándose de <i>P. arizonica</i>. En la población de Talayotes, Moris en 2014 se hallaron moscas sierra (González Gaona y Sánchez Martínez, 2018).</p> <p>Los estudios biológicos mostraron que <i>Z. ojedae</i> tiene como hospedero principal a <i>P. durangensis</i>, teniendo una sola generación por año con la emergencia de los adultos de agosto a noviembre (Sánchez et al., 2012).</p> <p>Sánchez-Martínez, Alanis-Morales, Cano-Rodríguez, y Olivo-Martínez (2011), descubrieron que descendía la población de larvas de <i>Z. ojedae</i> en el ejido Santa Anita, Guachochi durante las bajas temperaturas; por lo que, en noviembre de 2011, en las zonas donde se estudió el ciclo biológico ya no se detectó la presencia de la plaga después de una larga sequía, y se especula que los cambios climáticos pueden ser los responsables de esto.</p> <p>Suárez-Mota, Pacheco-García, Cristobal-Angulo, Antúnez, Santiago-García, y Bautista-Juárez (2018) reportan presencia de <i>Z. falsus</i> en 69 lugares de la Sierra Norte, durante los meses de junio a noviembre se encontraron en estado larvario, en estado de pupa durante los meses de septiembre a abril, presentándose con mayor densidad en octubre y noviembre. Teniendo mayor afectación en <i>P. pseudostrobus</i>, <i>P. patula</i>, <i>P. teocote</i>.</p>
Oaxaca	<p>Desde el 2015 empezaron a reportar brotes atípicos con un crecimiento promedio del 400%. Esto ha afectado tres comunidades de importancia forestal con 3,900 ha defoliadas y esto puede ocasionar daños económicos (Suárez-Mota et al.,2018).</p> <p>Aguirre-Hidalgo, Casasola-González, Alfonso-Corrado, Santiago-García, y Clark-Tapia (2020), realizaron una investigación en los bosques de Ixtlán de Juárez ,perteneciente a la Sierra Norte y reporto la identificación de <i>Z. howdeni</i> teniendo afectación principalmente en <i>P. oaxacana</i>, aunque también se presenta en <i>P. patula</i>, <i>P. ayacahuite</i> y <i>P. teocote</i>.</p>
Hidalgo	<p>Se reportó la presencia de <i>Zadiprion roteus</i> Smith en el estado de Hidalgo (Smith et al., 2012).</p>
Chiapas	<p><i>Z. howdeni</i> Smith afectando principalmente <i>P. oaxacana</i> en San Cristóbal de las Casas, Chiapas, siendo estas plagas de menor impacto (Smith, 1988; Smith et al., 2012).</p>
Baja California	<p>Reportaron la aparición de <i>Zadiprion</i> sp. en el Parque Nacional Sierra de San Pedro Martín que afecta a <i>Pinus jeffreyi</i> Balf (Aguilera-Molina, Munguía-Ortega, López-Reyes, Martínez-Aquino y Ceccarelli, 2019). Smith (2019), identifico esta nueva especie como <i>Zadiprion jeffreyi</i> Smith.</p>

---

## 2.3

## 2.4 Descripción del género *Zadiprion*

El género *Zadiprion* pertenece a la Familia Diprionidae, subfamilia *Diprioninae*, se caracteriza por presentar una vena transversa en la celda anal del ala anterior, y las antenas de las hembras tienen entre 21 y 25 segmentos (Smith, 1988).

### 2.4.1 Adulto

Ojeda (2011), recopila las características morfológicas que diferencian los adultos de los géneros *Neodiprion* y *Zadiprion*, las retoma de Smith (1988) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Características morfológicas de los adultos del género *Zadiprion* y *Neodiprion*. (Smith, 1988; Ojeda, 2011).

Características de la hembra	<i>Zadiprion</i> sp.	<i>Neodiprion</i> sp.
Forma y color del cuerpo	Robustas y de color claro.	Delgadas y coloración oscura o con partes oscuras combinadas con tonos amarillentos, verdosos o azulados
La longitud del cojinete pulvilar del basitarso posterior/ ancho apical de este	Cojinete más largo que el ancho apical del basitarso	Cojinete más corto que el ancho apical del basitarso
Forma de las espinas de las tibias posteriores	Subclavadas, la interna más larga que la mitad del ancho apical de la tibia.	Normales, la interna más larga que la mitad del ancho apical de la tibia.
Número de artejos antenales	Aserrada con 21 a 26 segmentos.	Subclavadas, la interna más larga que la mitad del ancho apical de la tibia. De 15 a 20 segmentos
Características del macho		
Número de artejos antenales unipechinados	5 (apicales)	Uno (último)

Tórax	Mesonoto con densas puntuaciones, opaco	Con puntuaciones apenas presentes, brillantes; en el mesoescutelo algunas puntuaciones son grandes
-------	---	--

Con respecto a hábitos de conducta, las hembras de *Zadiprion* spp. presentan una conducta materna, permaneciendo por semanas al cuidado de sus huevos y primer estadio para defenderlos de parasitoides y depredadores; mientras que *Neodiprion* spp. no presenta esta conducta materna (Sánchez-Martínez, G. Comunicación personal, y observaciones personales en el estudio).

#### 2.4.2 Larva

El Cuadro 3 muestra una comparación de las características que diferencian las larvas del género *Zadiprion* y *Neodiprion*.

Cuadro 3. Características de las larvas del género *Zadiprion* y *Neodiprion*. (Sánchez Martínez, 2017; González Gaona y Sánchez Martínez, 2018).

<i>Zadiprion</i> sp.	<i>Neodiprion</i> sp.
Gregarias	Gregarias
Movimientos de agitación coordinados como defensa ante depredadores	Se colocan en forma de corchete cuando se sienten amenazadas
Presentan protuberancias en forma de espinas, generalmente	Líneas longitudinales oscuras, sin presencia de protuberancias parecidas a espinas, o si están presentes apenas son distinguibles

## 2.5

### 2.6 *Zadiprion*

En México se tienen reportes de las siete especies identificadas pertenecientes al género *Zadiprion* (Smith et al., 2012). En el Cuadro 4 se presenta la distribución de cada una de las especies dentro del territorio mexicano.

Cuadro 4. Distribución geográfica del género *Zadiprion* en México (Smith, et al., 2012; Aguilera-Molina et al., 2019; Smith, 2019).

Espece	Estado	Hospederos
<i>Zadiprion falsus</i> Smith	Chihuahua, Durango, Estado de México, Jalisco Michoacán y Colima	<i>Pinus ayacahuite</i> Ehrenb. ex Schltld., <i>Pinus cembriodes</i> Zucc., <i>Pinus</i> <i>chiapensis</i> (Martínez) Andresen, <i>Pinus</i> <i>hartwegii</i> Lind., <i>Pinus leiophylla</i> Schlecht. & Cham., <i>Pinus herrerae</i> Martínez, <i>Pinus</i> <i>michoacana</i> Mart., <i>Pinus montezumae</i> Lamb., <i>Pinus oocarpa</i> Schiede ex Schlechtendal, <i>Pinus pringlei</i> Shaw. y <i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.
<i>Zadiprion rohweri</i> Middleton	Chihuahua Coahuila	<i>Pinus monophylla</i> Torrey & Frémont <i>P. cembroides</i> , <i>P. edulis</i> Engelm
<i>Zadiprion</i> <i>townsendi</i> Cockerell	Chihuahua	<i>Pinus ponderosa</i> Douglas ex C. Lawson
<i>Zadiprion ojedae</i> Smith & Sánchez- Martínez	Chihuahua	<i>Pinus durangensis</i> Ehren. y <i>Pinus</i> <i>herrerae</i> Martínez
<i>Zadiprion roteus</i> Smith	Hidalgo	No identificada
<i>Zadiprion howdeni</i> Smith	Chiapas	<i>Pinus oaxacana</i> Mirov
<i>Zadiprion jeffreyi</i> Smith.	Baja California	<i>Pinus jeffreyi</i> Balf

## **2.7 Problemática forestal del género *Zadiprion* en México**

El género *Zadiprion* causa grandes daños dentro de los bosques del territorio nacional. En los últimos años han tenido mayor relevancia por el impacto negativo que provocan (Cibrián et al., 1995; Sánchez-Martínez, 2017).

Las consecuencias de la defoliación a los árboles afectados se presentan de diferentes maneras, los árboles dejan de producir resina, llegando a producir solo el 20% durante ochos meses, en comparación con su producción normal; cuando los árboles no mueren estos tienen una alteración en su desarrollo y la estructura de los anillos de crecimiento anuales se reduce dependiendo del grado de defoliación que se presente (Solórzano, 1977; Méndez y Cibrián, 1985; Cibrián et al., 1995; Olivo, 2011; Sánchez et al., 2012).

Estudios realizados señalan que entre el 46.38 - 68% disminuye el crecimiento de los anillos de crecimiento anuales, lo que representa un lento desarrollo radial durante cuatro a seis años, después de este tiempo se pueden recuperar y presentar un desarrollo normal (Méndez y Cibrián, 1985).

La pérdida de follaje en el bosque ocasiona la pérdida de fijación de carbono, incrementa la penetración de luz solar, menos competencia entre las plantas, mayor escurrimiento del agua y lixiviación de nutrientes, mayor descomposición de la hojarasca, alteración del hábitat de la fauna silvestre, alteración en las cadenas alimenticias, disminución del valor ecológicos del bosque (Cantú y González, 2002; Sánchez-Martínez, 2017).

El porcentaje de la defoliación es importante para determinar el daño al bosque, si es menor a 20% el impacto es mínimo, pero puede llegar a un 70 % de reducción en su crecimiento radial si la defoliación es considerada de intensidad moderada a severa, pero si es clasificada severa y continua esta llega a provocar la muerte del arbolado (Álvarez y Márquez, 2003; Sánchez-Martínez, 2017).

En el Cuadro 5 se presenta las afectaciones ocasionadas en México:

Cuadro 5. Afectación del género *Zadiprion* en México.

Especie	Año	Estado	Superficie afectada	Hospedero	Referencia
<i>Z. falsus</i>	1912		15,000 ha	<i>P. ayacahuite</i>	Cisneros, 1970; Méndez y Cibrián, 1985
	1960	Michoacán	7,000 ha	<i>P. devoniana</i> Lindley, <i>P. montezumae</i> y <i>P. pseudostrobis</i> Lindl. var. <i>pseudostrobis</i>	Solórzano, 1977; Méndez y Cibrián, 1985; Cibrián et al., 1995
	1974		60,000 ha		
	1988		7,000 ha	<i>P. patula</i> , <i>P. lawsoni</i> , <i>P. leeiophila</i> y <i>P. ayacahuite</i>	Rodríguez, 1990; Smith, 1988
	1983-1986		3,000ha	<i>P. durangensis</i> Martínez, <i>P. maximinoi</i> y <i>P. devoniana</i>	Álvarez, 1987; Cassian et al., 1987; Miranda et al., 1999
<i>Z. falsus</i>	2003	Durango	s/d	s/d	Quiñonez, 2006
<i>Zadiprion sp</i>	2006, 2011-2012		s/d	<i>P. durangensis</i>	Quiñonez, 2006; Sánchez et al., 2012
<i>Z. vallicola</i>	1967	Michoacán	7,052 ha	<i>P. montezumae</i> Var. <i>Lindleyi</i> , <i>P. pseudostrobis</i> Var.	Solórzano, 1977
	1968		10,578 ha	<i>protuberans</i> y <i>P. leiophylla</i> .	

<i>Z. falsus</i>	2006-2011	Jalisco	5,000 ha	<i>P. maximinoi</i> , <i>P. tenuifolia</i> , <i>P. leiophylla</i> , <i>P. devoniana</i> y <i>P. douglasiana</i> Martínez	González et al., 2014; González Gaona y Sánchez Martínez, 2018
<i>Zadiprion</i> sp.	2012		1,000ha	<i>P. devoniana</i>	
<i>Z. rohweri</i>	2013	Coahuila	Especie endémica por el tamaño de la infestación	<i>P. cembroides</i> , <i>P. edulis</i> Engelm.	Smith et al., 2016
<i>Z. ojedae</i>	2007-2009	Chihuahua	3,539 ha	<i>P. durangensis</i>	Olivo, 2011; Sánchez et al., 2012
<i>Z. falsus</i>	2015	Oaxaca	3,900 ha	<i>P. oaxacana</i> , <i>P. patula</i> , <i>P. ayacahuite</i> y <i>P. teocote</i> .	Suarez-Mota et al., 2018; Aguirre-Hidalgo et al., 2020
<i>Z. roteus</i>	1995	Hidalgo	s/d	s/d	Smith, 1988; Cibrián et al., 1995; Smith et al., 2012
<i>Z. howdeni</i>	1995	Chiapas	s/d	<i>P. oaxacana</i>	
<i>Z. jeffreyi</i>	2018	Baja California	s/d	<i>P. jeffreyi</i> Balf	Aguilera-Molina et al., 2019; Smith, 2019

## 2.8

### 2.9 Impacto de *Zadiprion* sp. en la Sierra Norte de Oaxaca

El estado de Oaxaca está compuesto por ocho regiones. La Sierra Norte es una de ellas y es la que atiende esta tesis, es una región compuesta por 68 municipios; al norte colinda con las regiones de Chinantla y Sierra Mazateca, al este con la Sierra Mixe, al oeste con la Cañada Cuicateca y al sur con los Valles

Centrales. En una de las 130 regiones terrestres que tienen prioridad para su conservación (Arriaga-Cabrera, Aguilar y Espinoza, 2009; Gasca Zamora, 2014).

La Sierra Norte es considerada una ecorregión ya que tiene ocho de los diez tipos de vegetaciones presentes en el país (bosque tropical perennifolio, bosque tropical subcaducifolio, bosque mesófilo de montaña, bosque de encino, bosque de pino, bosque tropical caducifolio, bosque espinoso y pradera subalpina), también por la gran cantidad de especies endémicas de plantas y animales (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO], 2000; Rzedowski, 2006).

Esta región cuenta con empresas comunitarias que tienen certificaciones internacionales por su manejo sustentable, pero los daños provocados por los insectos defoliadores alteran los objetivos de los programas de manejo y, por lo tanto, generan pérdidas económicas (Ramos-Morales y Clark- Tapia, 2018).

### **2.10 Infestaciones y tratamientos de combate de mosca sierra del género *Zadiprion* sp. en Sierra Norte**

Se tiene registro de la colecta de larvas de mosca sierra en el estado de Oaxaca a partir de una colecta realizada el 11/02/2017 en la comunidad de Santa Catarina Ixtepeji, identificándolo como *Z. falsus* teniendo como hospedero a *P. oaxacana* (González-Gaona, 2019).

Durante el 2016 se reportó la presencia de moscas sierra en los bosques de la zona ,pero fue en el 2017 que se empezaron los apoyos a las 3,200 ha reportadas ese año, en nueve comunidades (La Trinidad, Santiago Comaltepec, Teococuilco de Marcos Pérez, San Pablo Macuiltianguis, San Andrés Yatuni, Santiago Xiacui, Ixtlán de Juárez, Santa María Jaltianguis y Santa Catarina Ixtepeji), siendo Santa Catarina Ixtepeji la más afectada con 4,685 ha (Unión Estatal de Silvicultores Comunitarios del Estado de Oaxaca. [UESCO], 2018). Los reportes indicaron que el 80% del daño se distribuyó en altitudes de 2,100 a 2,700 msnm y en algunos casos llegando hasta 3,000 msnm. Se presentaron en bosques de pino y pino-

encino. En 2017 mencionaron que la dispersión de la plaga iba en aumento y se contemplaba que para 2018 fueran 13 comunidades afectadas con 11,362 ha; sin embargo, esta cifra aumentó el año siguiente (UESCO, 2018).

El tratamiento que se le aplicó a las 12,962 ha defoliadas por *Z. falsus* y *N. bicolor* fue con productos biológicos (*Bacillus thuringiensis*, *Beauveria bassiana*, *Metarrhizium anisopliae*). También se realizaron quemas prescritas en las comunidades de Pueblos Mancomunados, Ixtlán de Juárez, La Trinidad, Santa María Jaltianguis, Santiago Comaltepec y Santiago Xiacuí, durante el invierno en los meses de diciembre a marzo (UESCO, 2018).

En el 2019, la Unión de Comunidades de la Sierra Juárez (UCOSIJ) reportó 11,565 ha como superficies afectadas (Cuadro 6). El objetivo principal de los tratamientos realizados fue disminuir la infestación de *Z. falsus* en las 14 comunidades de Sierra Norte. CONAFOR reportó un total de 8,616 ha para asperjar; sin embargo, 8,502 ha fue la superficie asperjada con Bt+BMP por medio de un helicóptero Bell 206 (Cibrián-Tovar, 2020).

La mezcla del insecticida Bt+BMP está compuesto por *Bacillus thuringiensis* var *kurstaki* cepas estándares HD-1 y HD-73 + *Beauveria bassiana*, *Metarrhizium anisopliae* y *Paecilomyces fumosoroseus* (SISTEMA INJECTHOR DE MÉXICO S DE RL DE CV, s.f.).

En una superficie de 626.3 ha no tratada vía aérea se realizaron trabajos complementarios (escarificación de suelos, aspersiones terrestres, quemas controladas) (Cibrián Tovar, 2020).

Cuadro 6. Superficie afectada por defoliador en la Sierra Norte de Oaxaca, 2019.

No.	Comunidad	Superficie afectada (ha)
1	San Pedro Nexicho	193.1
2	Santa María Jaltianguis	134.8

---

3	Santa Catarina Ixtepeji	5,005.40
4	Nuevo Zoquiapam	1,409.70
5	San Andrés Yatuni	495.9
6	Santo Domingo Tepuxtepec	1,647.70
7	Ixtlán de Juárez	686.6
8	Santiago Xiacui	337.2
9	La Trinidad	268.6
10	Santiago Comaltepec	47.4
11	Teococuilco de Marcos Pérez	17.1
12	San Pablo Macuiltianguis	12.3
13	Pueblos Mancomunados	1,232.90
14	San Juan Luvina	76.3
	Total	11,565

---

## 2.11

## 2.12 Literatura citada

- Aguilera-Molina, V. M., Munguía-Ortega, K. K., López-Reyes, E., Martínez-Aquino, A., & Ceccarelli, F. S. (2019). Climate change and forest plagues: assessing current and future impacts of diprionid sawflies on the pine forests of north-western México. *PeerJ*, 7, e7220. doi: 10.7717/peerj.7220.
- Aguirre-Hidalgo, V., Casasola-González, J. A., Alfonso-Corrado, C., Santiago-García, E., y Clark-Tapia, R. (2020). Registro y ecología de *Zadiprion howdeni* (Hymenoptera: Diprionidae) en Ixtlán de Juárez, Oaxaca. *Madera y Bosques*, 26(3), e2631943. doi: 10.21829/myb.2020.2631943
- Álvarez, Z. R. (1987). Insectos forestales presentes en los bosques de coníferas en el estado de Durango. In *Memorias del Simposio Nacional sobre Parasitología Forestal IV y IV Reunión sobre plagas y enfermedades*

*forestales, Durango, México*. SARH, México. Publicación Especial Núm. 59. 802 - 821. Recuperado de [http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/10%20Material%20de%20Consulta/Resumen%20Simposio/Simposio\\_del%20I-XVI/IV-Simposio-1987-Durango-Vol-II.pdf](http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/10%20Material%20de%20Consulta/Resumen%20Simposio/Simposio_del%20I-XVI/IV-Simposio-1987-Durango-Vol-II.pdf)

- Álvarez Z., R. y Márquez, L. M. A. (2003). Plagas y enfermedades de las Pináceas de Durango. In: García A., A.; González E., M. S. (Eds.). *Pináceas de Durango*. 2ª edición. (pp. 119-144). Ed. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Veracruz, y CONAFOR, Zapopan, Jal. México.
- Arriaga-Cabrera, L., Aguilar, V., y Espinoza, J. M. (2009). Regiones prioritarias y planeación para la conservación de la biodiversidad. En CONABIO. *Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio* (pp. 433-457). México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Recuperado de [http://noroosteenlamira.org.mx/wp-content/uploads/2016/06/10\\_regiones-prioritarias-y-planeacion-para-la-conservacion.pdf](http://noroosteenlamira.org.mx/wp-content/uploads/2016/06/10_regiones-prioritarias-y-planeacion-para-la-conservacion.pdf)
- Cantú, S. I., y González, R. H. (2002). Propiedades Hidrológicas del Dosel de los Bosques de Pino-Encino en el noroeste de México. *Ciencia UANL*, 5(1), 72,75. Recuperado de <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/972>
- Cassian, S. J. M., Miranda, R. S., Salazar, S. H., y Cibrián-Tovar, D. (1987). Manejo de plagas y enfermedades en El Salto, Durango. In *Memorias del XX Reunión del grupo de estudios sobre insectos y enfermedades forestales de América del Norte*. (COFAN), Durango, Durango, México.
- Castro, C. J. (1981). Contribución al estudio de la biología del defoliador de pino *Neodiprion fulviceps* (Cresson) complex (Hymenoptera: Diprionidae) en el estado de Chihuahua. *Ciencia Forestal*, 6(30), 43- 51.
- Cibrián-Tovar, D., Méndez-Montiel, J. T., Campos-Bolaños, R., Yates III, H. O., y Flores-Lara, J. (1995). *Insectos forestales de México* (pp. 174-177). Publicación No. 6. Chapingo, Estado de México, México: Universidad Autónoma de Chapingo – SARH – SFFS – USDA – NRC – CFAN - FAO.
- Cibrián-Tovar, D. (2020). *Evaluación del programa operativo especial para el control de defoliadores forestales en el estado de oaxaca 2019*. Instituto Interamericano De Cooperación Para La Agricultura (IICA).
- Cisneros, P. S. (1970). Observaciones sobre *Zadiprion vallicola* Rohwer en la Meseta Tarasca, Michoacán. Boletín Técnico Núm. 33. SAG-INIF, México. 13.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2000). *Estrategia nacional sobre biodiversidad de México*. D.F. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Coria-Avalos, V. M., González-Gaona, E., Pulido-Herrera, A., y Muñoz-Flores, H. J. (2014). Detección y descripción morfológica de “mosca sierra” en bosques

- de la comunidad indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán. México. *Entomología Mexicana*, 1, 426-430.
- Gasca Zamora, J. (2014). Gobernanza y gestión comunitaria de recursos naturales en la Sierra Norte de Oaxaca. *Región y Sociedad*, 26(60), 89-120. doi: 10.22198/rys.2014.60.a11
- González-Gaona, E., Bonilla-Torres, F., Quiñones-Barraza, S., Sánchez-Martínez, G., Tafoya-Rangel, F., España-Luna, M. P., ... , y Robles-Uribe, S. (2014). *Guía para la identificación de moscas sierra de la familia Diprionidae presentes en el centro norte de México*. INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Pabellón, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. Recuperado de [https://backend.aprende.sep.gob.mx/media/uploads/proedit/resources/guia\\_para\\_la\\_identi\\_437f9344.pdf](https://backend.aprende.sep.gob.mx/media/uploads/proedit/resources/guia_para_la_identi_437f9344.pdf)
- González-Gaona, E., y Sánchez-Martínez, G. (2018). *Identificación y manejo de moscas sierra de la familia Diprionidae presentes en el centro norte de México*. Folleto Técnico. Fondo Sectorial para la Investigación, el Desarrollo y la Innovación Tecnológica Forestal (CONACYT-CONAFOR). Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. Recuperado de <http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/09%20Manuales%20t%C3%A9cnicos/Manual%20moscas%20sierra.pdf>
- González-Gaona, E. (2019). *Estado del arte sobre taxonomía, fenología, y distribución geográfica de moscas sierra de coníferas (Zadiprion spp., Neodiprion spp. y Monoctenus spp.) que habitan los bosques de México, así como la detección e identificación de virus de poliedrosis nuclear con potencial para el control biológico específico* (PROYECTO CONAFOR 2017-CO2 NUM: 291304. Segundo Informe Técnico). INIFAP-Campo Experimental Pabellón, Aguascalientes, México. Recuperado de [http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/10%20Material%20de%20Consulta/ProyectosInvestigacion/P1/Segundo\\_Informe\\_tecnico\\_estado\\_arte\\_Moscas\\_Sierra\\_VPN\\_final.pdf](http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/10%20Material%20de%20Consulta/ProyectosInvestigacion/P1/Segundo_Informe_tecnico_estado_arte_Moscas_Sierra_VPN_final.pdf)
- López-Sánchez, I. V., Ordaz-Silva, S., Delgadillo-Ángeles, J. L., Pedro-Méndez, J. P., Carrasco-Peña, L. D., & De León-Girón, G. (2017). Mosca sierra, un problema creciente en el Parque Nacional Sierra de San Pedro Mártir, Baja California Norte. *Entomología Mexicana*, 4, 509-512.
- Méndez, M. J. T. y Cibrián-Tovar, D. (1985). Impacto del ataque de *Zadiprion vallicola*, defoliador de los pinos sobre el incremento de diámetro de *Pinus montezumae*, en la Meseta Tarasca. In *Memorias de los Simposios Nacionales de Parasitología Forestal II y III*.(pp. 249-255). México, D.F. SARH, México. Publicación Especial No. 46.
- Miranda Salazar, R., Salazar Hernández, S. G., y Coria Quiñones, F. N. (1999). *Insectos y patógenos de importancia económica en los bosques de pino encino de la unidad de Conservación y Desarrollo Forestal No 6*. El Salto, Durango, México. 61.

- Nolasco G. A. (2014). Defoliadores de coníferas de los géneros de *Zadiprion* spp., y *Neodiprion* spp., existentes en México. Monografía. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Recuperado de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/3887/63120%20NOLASCO%20GUMETA%2C%20ARTURO%20%20MONOG..pdf?sequence=1>
- Ojeda, A. A. (2011). Características morfológicas que permiten identificar a las moscas sierras de los géneros *Zadiprion* y *Neodiprion* (Hymenoptera: Diprionidae). In *Memorias del XV Simposio Nacional de Parasitología Forestal*. (pp. 58–61). Equihua, M. A., E. Estrada, V., J. A. Acuña, S., y M. P. Chaírez, G. (eds.) CP. Montecillo, Texcoco Edo. de México.
- Olivo, M. J. A. (1988). Observaciones sobre el ciclo de vida y hábitos de la mosca sierra del pino *Zadiprion vallicola* Rower (Hymenoptera: Diprionidae) en el estado de Chihuahua, 1986. In *Memorias del IV Simposio Nacional sobre Parasitología Forestal y IV Reunión sobre Plagas y Enfermedades Forestales*. (pp. 442–451). Durango, México. SARH, México. Publicación Especial Núm. 59.
- Olivo, M. J. A. (2011). Brotes epidémicos de diprionidos en la Sierra Tarahumara de Chihuahua. In *Memorias del XV Simposio Nacional de Parasitología Forestal*. (pp. 33-35.). Colegio de Postgraduados (eds.), Oaxaca, Oaxaca, México.
- Olivo, M. J. A. (2018). *Proyecto de Diagnostico fitosanitario y de Combate y Control de Plagas y Enfermedades Forestales*. CONAFOR-SEMARNAT. Recuperado de <http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/04%20Diagnósticos%20Estatales/Programas%20de%20trabajo%20anuales/Chihuahua.pdf>
- Quiñonez, B. S. (2006). *Diagnóstico forestal de insectos defoliadores en varios ejidos de los municipios de Pueblo Nuevo y Durango, en Durango, México*. Seminario de Titulación. Ingeniero Forestal con Orientación en Silvicultura. Universidad Autónoma Chapingo, División de Ciencias Forestales. México. 90.
- Ramos-Morales, M. F. & Clark-Tapia, R. (2018). La forestería comunitaria en la Sierra Juárez. En Clark-Tapia, R., M. E. Fuente Carrasco, C. L. Alfonso-Corrado, M. F. Ramos-Morales y V. Aguirre-Hidalgo (Coord.). *Manejo Forestal Comunitario y Sustentabilidad en Sierra Juárez* (pp 37-51). Ciudad de México, México: Fontamara.
- Rodríguez L. R. (1990). *Plagas Forestales y su control en México*. Chapingo, Estado de México: Universidad Autónoma de Chapingo.
- Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México*. 1ra. Edición digital. D.F. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Recuperado de

[https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMx\\_Cont.pdf](https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMx_Cont.pdf)

- Sánchez-Martínez, G., Alanís-Morales, H. E., Cano-Rodríguez, M., y Olivo-Martínez, J. A. (2011). *Biología de las moscas sierra de los pinos (Neodiprion autumnalis y Zadipiron sp.) en el municipio de Guachohi, Chihuahua*. Mimeografiado. Informe de actividades 2010-2011. INIFAP-Gobierno del estado de Chihuahua. México. 49.
- Sánchez-Martínez, G., Alanis-Morales, H. E., Cano-Rodríguez, M., y Olivo-Martínez, J. A. (2012). *Biología y aspectos taxonómicos de dos especies de mosca sierra de los pinos en Chihuahua*. SAGARPA - INIFAP - CIRNOC - Campo Experimental Pabellón. Aguascalientes, México. Folleto Técnico Núm. 44. 26. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/139767807/Biologia-y-aspectos-taxonomicos-de-dos-especies-de-mosca-sierra-de-los-pinos-en-Chihuahua>
- Sánchez-Martínez, G. (2017). Familia Diprionidae. En Cibrián T., D. (Ed.). *Fundamentos de Entomología Forestal* (pp. 321-325.). Publicación de la Red de Salud Forestal, Redes Temáticas de la Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), Universidad Autónoma Chapingo y Comisión Nacional Forestal, Chapingo, Texcoco, Estado de México, México.
- Smith, D. R. (1988). A synopsis of the sawflies (Hymenoptera: Symphyta) of America south of the United States: Introduction, Xyelidae, Pamphiliidae, Cimbicidae, Diprionidae, Xiphydriidae, Siricidae, Orussidae, Cephidae. *Systematic Entomology*, 13, 205-261. doi: 10.1111/j.1365-3113.1988.tb00242.x
- Smith, D. R., Sánchez-Martínez, G., & Ojeda-Aguilera, A. (2012). A new species of *Zadiprion* (Hymenoptera: Diprionidae) on *Pinus durangensis* from Chihuahua, México, and a review of other species of the genus. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 114(2), 224-237. doi:10.4289/0013-8797.114.2.224
- Smith, D. R., Monjarás-Barrera, J. I., Aguilar-Hernández, J. C., & Quiñones-Dena, H. (2016). New host and distribution records for *Zadiprion rohweri* (Middleton) (Hymenoptera: Diprionidae), a pinyon pine sawfly. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 118(2), 300-301. doi: 10.4289/0013-8797.118.2.300
- Smith, D. R. (2019). A New *Zadiprion* (Hymenoptera: Diprionidae) from Baja California, México, on *Pinus jeffreyi*. *Proceedings of the Entomological*

*Society of Washington*, 121(4), 700-703. doi: 10.4289/0013-8797.121.4.700

Solórzano, B. L. (1977). Biología, daños y control del defoliador del pino *Zadiprion vallicola* Roh., en el Suroeste de Michoacán. Comisión Forestal. Técnica Reforestación. No. 10. Serie Época 2a. Michoacán. México.

Suárez-Mota, M. E, Pacheco-García, M. M., Cristobal-Angulo, O. P., Antúnez, P., Santiago-García, W., y Bautista-Juárez, I. (2018). La plaga defoliadora *Zadiprion falsus* Smith en la Sierra Norte de Oaxaca, México: estado actual y perspectivas. *Agro Productividad*, 11(7), 35-41. Recuperado de <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/913>

Unión Estatal de Silvicultores Comunitarios del Estado de Oaxaca “U.N.E.S.C.O, A.C.” (UESCO). (2018). Proyecto de contingencia fitosanitaria para el combate y control de insectos defoliadores mosca sierra (*Zadiprion falsus* y *Neodiprion bicolor*) e insectos descortezadores (*Dendroctonus adjunctus*) en las regiones Sierra Norte, Sierra Sur, Valles Centrales y Costa del estado de Oaxaca. 12-33. Recuperado de <http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/02%20Informes%20de%20acciones%20operativas/CordinacionInstitucional/SAN3AP0818201698%20CONTINGENCIA%20FITOSANITARIA%20FORESTAL.pdf>

### **3 DESCRIPCIÓN Y BIOLOGÍA DE UNA NUEVA ESPECIE DE ZADIPRION (HYMENOPTERA: DIPRIONIDAE) EN LA SIERRA JUÁREZ DE OAXACA**

#### **DESCRIPTION AND BIOLOGY OF A NEW SPECIES OF *Zadiprion* (HYMENOPTERA: DIPRIONIDAE) IN THE SIERRA JUAREZ OF OAXACA**

Alexa Hernández-Contreras<sup>1</sup>, Guillermo Sánchez-Martínez<sup>2</sup>, Antonio Villanueva-Morales<sup>1</sup>, David Cibrián-Tovar<sup>\*</sup>

1 Universidad Autónoma Chapingo, División de Ciencias Forestales. Km 38.5 Carretera. México-Texcoco, CP 56230. Chapingo, Estado de México, México.

2 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Norte-Centro, Campo Experimental Pabellón. Carretera Aguascalientes-Zacatecas km 32.5. C. P. 20670. Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México.

\*Corresponding author: dcibrian48@gmail.com; tel.: +52 595 952 1500 ext. 5542.

Artículo científico enviado a la Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente.

Palabras clave: Plaga forestal, defoliador de pinos, identificación de plagas, *Pinus oaxacana*, moscas sierra.

#### **3.1 RESUMEN**

**Introducción:** En los bosques de la Sierra Juárez de Oaxaca, de 2018 a 2021, se presentaron infestaciones severas por una especie de mosca sierra del género

*Zadiprion* (Hymenoptera: Diprionidae), considerada, hasta antes del presente estudio, como *Zadiprion howdeni*.

**Objetivo:** Corroborar la identidad y generar información sobre aspectos biológicos y ecológicos del defoliador *Zadiprion* sp. que afecta el arbolado forestal en la región Sierra Norte de Oaxaca.

**Materiales y métodos:** Se estudió el desarrollo biológico del defoliador *Zadiprion* sp. mediante muestreos de campo en bosques de Santa Catarina Ixtepeji. Se determinó la especie mediante la observación de las características morfológicas externas e internas del estado adulto, con base en claves taxonómicas de diprionidos. El número de estadios se estimó a través de la medición del ancho de la cabeza de las larvas en imágenes digitalizadas, y su ajuste a un modelo matemático.

**Resultados y discusión:** Se encontró que la especie que ha causado las infestaciones en el área de estudio no es *Z. howdeni* sino una nueva especie, la cual se ha denominado *Zadiprion llanderalae* nov. sp. y se describe en este documento. El desarrollo de esta especie tiene una generación por año. En campo se obtuvo una densidad promedio de 39.2 capullos por m<sup>2</sup>, lo cual indicó un tamaño de población moderado. El 50.1% de los capullos estuvieron atacados por parasitoides, entre ellos por avispa del género *Exenterus* (Hymenoptera: Ichneumonidae).

**Conclusiones:** Se describe la especie *Z. llanderalae* nov. sp. y se aportan datos sobre su ciclo biológico. Esta información es importante para planificar el manejo de este insecto.

**PALABRAS CLAVES:** Ciclo biológico, defoliador de pino, mosca sierra, parasitoidismo

### 3.2 ABSTRACT

**Introduction:** Severe infestations by a sawfly species of the genus *Zadiprion* (Hymenoptera: Diprionidae), considered, until before the present study, as *Zadiprion howdeni*, occurred in the forests of the Sierra Juárez of Oaxaca from 2018 to 2021.

**Objective:** To corroborate the identity and generate information on biological and ecological aspects of the defoliator *Zadiprion* sp. that affects forest trees in the Sierra Norte region of Oaxaca.

**Materials and methods:** The biological development of the defoliator *Zadiprion* sp. was studied by field sampling in forests of Santa Catarina Ixtepeji. The species was determined by observing the external and internal morphological characteristics of the adult stage, based on taxonomic keys of diprionids. The number of instars was estimated by measuring the width of the larval head in digitized images and fitting it to a mathematical model.

**Results and discussion:** It was found that the species that has caused infestations in the study area is not *Z. howdeni* but a new species which has been named *Zadiprion llanderalae* nov. sp. and is described in this paper. The development of this species has one generation per year. In the field, an average density of 39.2 cocoons per m<sup>2</sup> was obtained, which indicated a moderate population size. 50.1% of the cocoons were attacked by parasitoids, including wasps of the genus *Exenterus* (Hymenoptera: Ichneumonidae).

**Conclusions:** The species *Z. llanderalae* nov. sp. is described and data on its life cycle are provided. This information is important for planning the management of this insect.

**KEYWORDS:** Biological cycle, pine defoliator, pine sawfly, parasitoidism.

### 3.3 INTRODUCCIÓN

Los incendios forestales, la tala excesiva, plagas y enfermedades son algunos de los problemas a los cuales se enfrentan los bosques de México (Salinas, Vargas, Zúñiga, Ager, y Hayes, 2010; Sosa et al., 2018). Entre las plagas más destacadas se encuentran los descortezadores de pino y los defoliadores de los géneros *Zadiprion*, *Neodiprion* y *Monoctenus* (Castro, 1981; Cibrián-Tovar, Méndez-Montiel, Campos-Bolaños, Yates III, & Flores-Lara, 1995 y Smith, Sánchez-Martínez, & Ordaz-Silva, 2010).

Las especies de moscas sierra de los pinos del género *Zadiprion* se identifican por la forma de la lanceta del ovipositor de la hembra (Smith, 1988; Smith et al., 2010; Smith, Sánchez-Martínez & Ojeda-Aguilera, 2012 y Sánchez-Martínez, 2017).

Desde inicios del siglo XX se tienen registros de especies de este género en los bosques de México (Smith, 1988). Los adultos son comúnmente llamados moscas sierra porque se parecen a las moscas del orden Diptera. Las larvas causan daños a la masa arbórea (Rodríguez, 1990 y Cibrián-Tovar et al., 1995). Las especies actualmente reconocidas en México son: *Zadiprion falsus* Smith (1988), *Zadiprion ojeda* Smith & Sánchez-Martínez (2012), *Zadiprion roteus* Smith (1975), *Zadiprion howdeni* Smith (1975), *Zadiprion townsendi* Cockerell (1898), *Zadiprion rohweri* Middleton (1931) y *Zadiprion jeffreyi* Smith (2019) (Smith, 1993; Smith, et al., 2012; Smith, 2019).

En la Sierra Norte de Oaxaca, de 2015 a 2021 se reportaron infestaciones severas por una mosca sierra del género *Zadiprion*. Inicialmente, la especie fue identificada como *Z. falsus* (Suárez-Mota, Pacheco-García, Cristobal-Angulo, Antúnez, Santiago-García, y Bautista-Juárez, 2018), y posteriormente como *Z. howdeni* (Aguirre-Hidalgo, Casasola-González, Alfonso-Corrado, Santiago-García, y Clark-Tapia, 2020). En el presente estudio, luego de una revisión detallada de especímenes recolectados en campo y criados en laboratorio, se

encontró que las características morfológicas externas y del ovipositor de la hembra no corresponden a *Z. howdeni*, ni a ninguna de las otras especies hasta ahora reconocidas. En consecuencia, se concluyó que se trata de una especie no descrita, la cual se reporta por primera vez en este trabajo.

Los municipios afectados por la especie estudiada fueron Ixtlán de Juárez, Santa Catarina Ixtepeji, Santiago Xiacui, Santa María Jaltianguis, Nuevo Zoquiapam y Pueblos Mancomunados (Unión Estatal de Silvicultores Comunitarios del Estado de Oaxaca [UESCO], 2018). Las infestaciones se presentaron desde 2015 hasta 2021, siendo afectadas en este último año 12,194 ha. Por ello, durante 2019, 2020 y 2021, se desarrollaron campañas de combate, principalmente mediante la aplicación de insecticidas biológicos asperjados con helicóptero (Comisión Nacional Forestal [CONAFOR], 2021). Las especies *Pinus oaxacana* Mirov. (1958), *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. y Cham. (1831), *Pinus pseudostrobus* Lindl. (1839) y *Pinus teocote* Schiede ex Schltdl. & Cham. (1830), han sido registradas como hospedantes principales, siendo *P. oaxacana* el hospedante preferido (Suárez-Mota et al., 2018 y Aguirre-Hidalgo et al., 2020). Estos mismos autores indican que los adultos de *Zadiprion* en el área de estudio están presentes de junio a octubre; las larvas de junio a noviembre y los nuevos capullos de septiembre a diciembre. Sin embargo, los habitantes de las comunidades recolectaron larvas de distintos estadios en diciembre, enero y febrero, lo que llevó a hipotetizar que existen dos generaciones en un año o que ocurren varias especies de *Zadiprion*, con ciclos desfasados en fecha.

Aunque la literatura científica y un informe de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) refieren a *Z. falsus*, como la especie plaga en Sierra Norte de Oaxaca, González-Gaona y Sánchez-Martínez (2018) mencionan que la morfología y fechas del ciclo biológico no concuerdan con esta especie, por lo tanto, era necesario corroborar su identidad. Ello motivó el presente estudio en el que se planteó como objetivos describir la nueva especie y obtener información respecto a su biología.

### 3.4 MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en áreas forestales del municipio de Santa Catarina Ixtepeji, localizado en las coordenadas 17° 16'N y 96° 34'W (Figura 1), con una altitud media de 1920 msnm; perteneciente al distrito de Ixtlán de Juárez, ubicado a su vez dentro de la Sierra Madre Oriental, conocida localmente como Sierra Juárez o Sierra Norte de Oaxaca (Instituto Nacional de Geografía e Informática [INEGI], 2016; Ortiz-Pérez, Hernández-Santana y Figueroa-Mah-Eng, 2004). Los principales tipos de vegetación en dicha zona son bosque de pino-encino y bosque de encino. Las especies *P. teocote*, *P. oaxacana* y *Pinus leiophylla* var. *leiophylla* Schiede ex Schltdl. & Cham. (1831) son las más representativas. Se tiene menor presencia de *Quercus crassifolia* Humb. & Bonpl. (1809), *Quercus castanea* Née (1801), *Quercus rugosa* Née (1801) y *Pseudotsuga menziesii* var. *oaxacana* Debreczy & I. Rácz (1995) (Castellanos-Bolaños, Treviño-Garza, Aguirre-Calderón, Jiménez-Pérez, & Velázquez-Martínez, 2010).

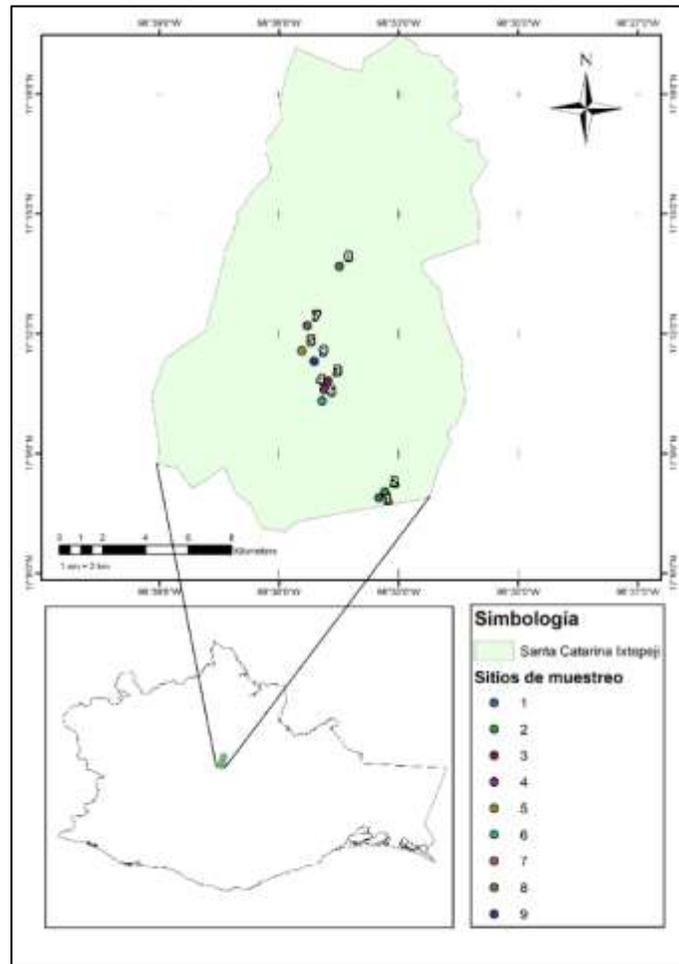


Figura 1. Ubicación geográfica del municipio de Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca y del sitio de estudio.

### 3.4.1 Recolección y medición de huevos.

Durante abril, mayo, junio y julio de 2021, se hicieron inspecciones para detectar acículas de pino con oviposturas recientes de la mosca sierra en estudio, incluyendo las hembras que generalmente permanecen después de la oviposición al cuidado de sus huevos. Se contaron los huevos por ovipostura y por hembra. Se midieron 78 huevos en largo y ancho utilizando una cámara Leica DFC 29 montada en un microscopio estereoscópico Leica M 80. Las imágenes digitalizadas se procesaron con la ayuda de software para microscopía (Software Leica Application Suite V 4.6.1 utilizando milímetros como unidad de medida).

### 3.4.2 Recolección y medición de larvas.

Se realizaron nueve salidas a campo del 24 de agosto de 2020 al 29 de julio de 2021, con un periodo de separación de aproximadamente mes y medio. Para la recolección de larvas se utilizó la metodología descrita por González-Gaona y Sánchez-Martínez (2018), registrando las coordenadas del sitio de colecta, especie de hospedante, datos de altura, diámetro y grado de defoliación del hospedante. Las ramas con larvas fueron cortadas y guardadas en bolsas, hieleras o frascos individuales, se transportaron a laboratorio y se conservaron a temperatura ambiente. Una muestra de acículas con huevecillos fue mantenida hasta que emergieron las larvas, las cuales sirvieron como base para obtener las medidas del primer estadio. También se obtuvieron 60 larvas extraídas de capullos que se recolectaron en campo. Todas las larvas fueron matadas en agua caliente y luego conservadas en alcohol al 70%. Cada frasco fue etiquetado con la fecha, hospedante, localidad y nombre del colector.

Puesto que no se pudo dar seguimiento diario a los cambios de muda de las larvas recolectadas en campo y poder medir directamente la cápsula cefálica de cada instar, se midió el ancho de la cabeza de 452 larvas de diferentes estadios. Los datos se ajustaron a una distribución normal utilizando PROC UNIVARIATE del paquete estadístico SAS V 9.4 (SAS Institute, Inc., 2004) (Villa-Castorena y Catalán-Valencia, 2004).

Para determinar los límites de dos estadios sucesivos se igualó la probabilidad de que las larvas que entran al rango  $i$  en realidad pertenecen a  $i+1$ , con la probabilidad de que las larvas que se encuentran en el rango  $i+1$  en realidad pertenecen al rango  $i$  (Got, 1988).

$$\text{Límite}_{i,i+1} = \frac{(\sigma_i)(\sigma_{i+1}) + (\sigma_{i+1})(\sigma_i)}{(\sigma_{i+1}) + (\sigma_i)}$$

donde:

$i$  = número de estadios 1,2,...,6.

: = valor medio del ancho de la cabeza de las larvas para un estadio particular.

$\sigma$  = desviación estándar del ancho de la cabeza de las larvas para un estadio particular.

### **3.4.3 Medición de capullos.**

Se describieron, midieron y fotografiaron 40 capullos enteros con una cámara Leica DFC 29 montada en un microscopio estereoscópico Leica M 80. Las imágenes digitalizadas se procesaron con la ayuda de software para microscopía (Software Leica Application Suite V 4.6.1 utilizando milímetros como unidad de medida). Para el análisis de los datos se calcularon estadísticas descriptivas (promedio y desviación estándar) con el paquete estadístico SAS V 9.4 (SAS Institute, Inc.,2004).

### **3.4.4 Recolecta, descripción y medición de adultos**

La mayoría de los adultos se obtuvieron durante las salidas de campo; sin embargo, también se obtuvieron ejemplares emergidos de capullos que se mantuvieron en laboratorio. Una parte de los adultos se montó en seco y otra parte se conservó en alcohol al 70%. La observación y descripción morfológica se realizó en el Laboratorio de Sanidad Forestal y Agrícola del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Pabellón (Aguascalientes, México).

Una serie de 34 especímenes hembras y un macho, montados en seco, se observaron en un microscopio óptico para su descripción morfológica utilizando las claves taxonómicas de Smith (1971, 1974, 1988) y de (Smith et al., 2012). De este conjunto a 29 hembras se les extrajo el ovipositor. Primero se cortaron los últimos segmentos abdominales y se colocaron en hidróxido de potasio (KOH) al 10% a una temperatura de 80°C para macerar tejidos blandos durante 15 min; después, se enjuagaron con agua destilada para eliminar los residuos de KOH; posteriormente, se deshidrataron, colocándolas en alcohol al 70% durante un minuto y luego otro minuto en alcohol al 96%; ya deshidratadas se colocaron en

alcohol al 70%. Para la extracción del ovipositor (lanceta) los segmentos abdominales se colocaron en una caja Petri con una gota de agua, bajo el microscopio de disección, y con ayuda de una aguja para insulina se extrajo el ovipositor, el cual se colocó en un portaobjeto con una gota de Bálsamo de Canadá y se colocó un cubreobjetos sellándose con esmalte de uñas transparente. Cuando la muestra estuvo seca se observaron bajo el microscopio las características en cuanto a número de anillos y su orientación, tamaño relativo de los dientes en los anillos, y forma de las sérrulas. El aspecto de los ovipositores se comparó con las ilustraciones de Smith et al. (2012) y Smith (2019), y se contrastaron con lancetas de especies de *Zadiprion* de la colección de insectos forestales del Campo Experimental Pabellón, INIFAP.

#### **3.4.5 Ciclo biológico**

Para obtener información sobre tiempos de desarrollo, durante el periodo de estudio se recolectaron estadios jóvenes, se mantuvieron en cajas de vidrio con dimensiones de 40 X 40 X 40 cm; las cajas fueron etiquetadas con códigos (Y y Z), las larvas se alimentaron con follaje obtenido del mismo árbol donde se encontraron. Las cajas se sellaron con tela tul y una banda de resorte para favorecer la circulación del aire y se acomodaron en un lugar fresco y sombreado, hasta la formación de capullos y la nueva emergencia de adultos.

#### **3.4.6 Condición de capullos recolectados en campo**

Del 24 al 26 de agosto de 2020 se levantaron 55 unidades de muestreo de 1 m<sup>2</sup>, cinco por cada uno de once sitios circulares de 1000 m<sup>2</sup>. Dichas unidades se establecieron cerca de árboles defoliados dentro del sitio para obtener mayor número de capullos. Para su recolecta se delimitó el sitio, se removió la hojarasca hasta dejar visible el suelo y se escarbó para encontrar los capullos, los cuales se guardaron en bolsas individuales con sus datos respectivos. En laboratorio, los capullos fueron revisados individualmente, determinando su condición y contenido, creando tres grupos: abiertos en un extremo, con corte amplio y uniforme, que demostraron emergencia de adultos mosca sierra, cerrados con

perforaciones de salida de parasitoides, y desgarrados por depredadores. Se aceptó que este grupo de capullos se formó el año anterior y correspondió a la generación actual de adultos que ovipositaron en 2020.

### **3.5 RESULTADOS**

#### **3.5.1 Descripción de la especie**

De acuerdo con las claves taxonómicas utilizadas como referencias, se determinó que la especie estudiada es una nueva especie, la cual se denomina y describe a continuación.

*Zadiprion llanderalae* nov. sp. Sánchez-Martínez & Cibrián-Tovar

Etimología: En honor a Celina Llanderal Cázares, entomóloga y profesora investigadora del Colegio de Postgraduados.

#### **Adulto**

Hembra. Longitud 9-13 mm (media = 10.2 mm) (n=34). Medianamente robusta. Cabeza café claro, punto negro arriba de cada antena; área postocelar clara o solo ligeramente oscura; surcos postocelares laterales amarillos en la parte dorsal y oscuros en el occipucio. Antenas aserradas, con 22 flagelómeros café claros, últimos 6 a 8 oscuros en la parte ventral. Pronoto café claro, incluido el propleuron. Mesonoto con las siguientes características: meso pre-escudo café claro; línea divisoria de los lóbulos (izquierdo y derecho) negra y delgada en la parte anterior y media, oscura en la parte posterior. Mesoescudo café claro, excepto en la parte basal interna en la que es negro. Surcos del mesoescudo (notaulos) claros, sin líneas negras. Mesoescudete café claro, oscuro en el margen posterior. Surco que separa el mesoescudo del mesoescudete negro y marcadamente profundo. Metanoto café oscuro, con márgenes anteriores y posteriores negros. Mesepisterno café claro, con una mancha ovalada, oscura o negra, en la parte media, ocasionalmente apenas visible y algunas veces extendiéndose hasta el margen dorsal. Mesepimero y mesoesterno café claro. Alas anteriores amarillas, transparentes (como ámbar), con un tono ligeramente

oscuro en la celda radial y estigma. Venas C, R, RS y M amarillas transparentes. Alas posteriores amarillas, transparentes; venación del mismo color. Abdomen predominantemente negro en vista dorsal; tergito I café claro, tergitos II al VIII negros, con franjas blanquecinas en la parte posterior cuando están expandidos; blanquecinos en vista lateral. Esternitos oscuros en la parte anterior y blanquecinos en la parte posterior (Figuras 2 A y B).

Lanceta de la hembra con nueve anillos; primer anillo ausente; anillos 2 y 3 ligeramente divergentes y 4 a 10 sub paralelos. Segundo anillo con 11 a 13 dientes bien distinguibles, los tres centrales de mayor tamaño que el resto. Último anillo corto. Sérrula basal plana en el ápex, dos veces más ancha que la segunda sérrula y ligeramente aguda en la parte posterior. Sérrulas 2 a 5 planas en el ápex y notablemente agudas en la parte posterior (Figura 2 C y D).

Macho. Longitud, 8.8 mm. Negro en aspecto general (Figura 4), con franjas delgadas, apenas notables, en la parte posterior de los tergitos en vista dorsal. Antenas bipectinadas compuestas por 27 flagelómeros, más el escapo y pedicelo. Últimos siete flagelómeros unipectinados. Tórax negro; alas oscuras transparentes; patas negras con segmentos amarillos en la tibia; trocánter y fémur negro (Figura 3 D, E y F).

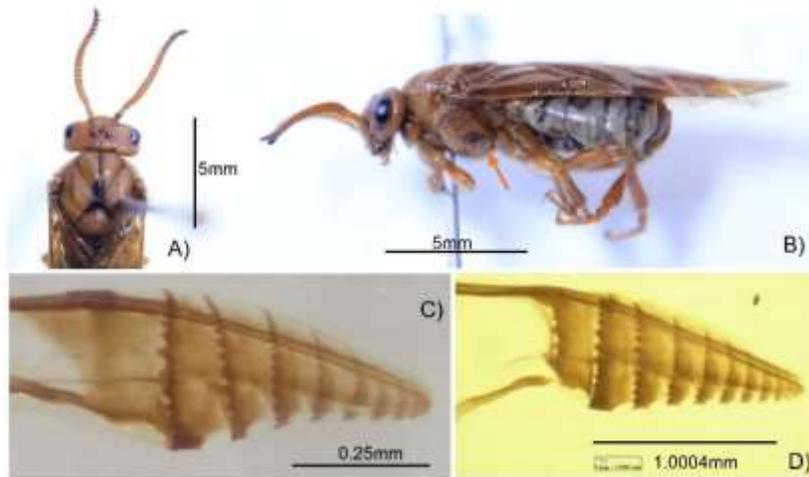


Figura 2. *Zadiprion llanderalae* nov.sp. A) Vista dorsal (cabeza y tórax), B) vista lateral con la mancha característica de la especie en el mesepisterno (flecha), C) lanceta de la hembra de *Z. llanderalae* nov. sp. con nueve anillos; y de *Z. falsus* con once anillos D). muestras de referencia depositadas en la Colección de Insectos Forestales del INIFAP, Campo Experimental Pabellón.



Figura 3. *Zadiprion llanderalae* nov. sp. (A) Patas posteriores, (B) ala anterior y (C) ala posterior. *Z. llanderalae* nov. sp. macho. D) vista frontal, E) vista dorsal y F) vista lateral.

Esta especie se diferencia de *Z. falsus* por el aspecto menos robusto de la hembra, por el tamaño menor pero más definido de la mancha negra que presenta en el mesepisterno, por el menor número de anillos en la lanceta, *Z. llanderalae* tiene nueve, con el primer anillo ausente; en cambio *Z. falsus* tiene once, con un número mayor de dientes en el segundo anillo. Se diferencia de *Z. howdeni* porque la lanceta de esta especie es corta y presenta solo siete anillos, mientras de *Z. ojedae* se distingue porque la coloración de esta especie es amarilla y su lanceta presenta ocho anillos (Smith et al. 2012).

Material tipo. Holotipo: hembra etiquetada “México/Oax./S.Catarina Ixtepeji/P. Paredón y Lilexy, 2483 msnm, 17° 11’ 26” N, 96° 35’ 5” W. 02/VII/2021, Col. Guadalupe Gómez M. ID G. Sánchez Martínez, recolectada en campo en *Pinus oaxacana*”, depositada en la Colección de Insectos Forestales del INIFAP, Campo Experimental Pabellón (CEPAB), Pabellón de Arteaga, Ags. Paratipos: 15 ♀ con los mismos datos; 9 ♀ etiquetadas “México/Oax./ S. Catarina Ixtepeji, Paraje El Paredón, 2385 msnm, 17° 11’ 19” N, 96° 35’ 07” W. 28/VII/2021, Col. Sánchez Martínez, G. ID. G. Sánchez Martínez. Recolectada en campo en *Pinus oaxacana*”, depositadas en la colección CEPAB; 10 ♀, 1 ♂ etiquetados: México/Oax./Santa Catarina Ixtepeji/Paraje La Cooperativa 17° 08’ 02.7” N, 96° 33’ 20.6” W. 2632 msnm. 29/VII/2021, *Pinus oaxacana*. Col. A. Hernández C. ID G. Sánchez Martínez, depositadas en la Colección de Insectos de la División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo.

## Huevos

Los huevos son insertados en las acículas del año actual, contiguos en posición, en paquetes de hileras de 20 a 35, la hembra utiliza varias acículas contiguas para depositarlos (Figura 4). Recién puestos son de color blanco translucido, al madurar se vuelven color beige claro. Miden 1.071 mm de longitud media (máximo 1.2 mm, mínimo 0.84 mm) (n=78) y de ancho medio 0.37 mm (máximo .544 mm, mínimo 0.29 mm) (n=78).



Figura 4. Hembra y huevos de *Zadiprion llanderatae* nov. sp., en acículas de *P. oaxacana*. 2 de julio de 2021.

### **Larva**

La medición de la cápsula cefálica de 475 larvas y la distribución de frecuencias de los datos sugirió la existencia de seis estadios de desarrollo (Cuadro 7), como lo indica Smith (1993); sin embargo, la separación entre estadios no fue clara, principalmente porque al extraer larvas que recién formaron capullos y medir el ancho de su cápsula cefálica se obtuvieron valores con amplia variación.

Los parámetros estimados de los datos normalizados para cada estadio se muestran en la Cuadro 7; los  $p$ -valores obtenidos referentes a la prueba de Shapiro-Wilk fueron cercanos a 1, indicando un buen ajuste de los datos respecto a la función de distribución normal. Los límites de los rangos para cada estadio se obtuvieron con la aplicación de la metodología de Got (1988) (Cuadro 8).

Cuadro 7. Parámetros estimados de las funciones de distribución normal del ancho de cabeza en larvas de *Zadiprion llanderalae* nov. sp por estadio.

Estadio	Desviación		N	Valor mínimo	Valor máximo	Shapiro-Wilk ( $p$ )
	Estándar (+/-)	Media				
	(mm)	(mm)				
1	0.024	0.438	69	0.360	0.488	0.977
2	0.061	0.600	129	0.506	0.750	0.874
3	0.057	0.867	34	0.765	0.950	0.947
4	0.070	1.075	80	0.920	1.246	0.990
5	0.080	1.390	74	1.263	1.545	0.957
6	0.081	1.659	89	1.552	1.849	0.929

Cuadro 8. Límites de los rangos del ancho de la cabeza (mm) de las larvas de *Zadiprion llanderalae* nov. sp por estadio.

Estadio	Ancho de cabeza (mm)
1	< 0.483
2	> 0.483 a 0.738
3	> 0.738 a 0.960
4	> 0.960 a 1.223
5	>1.223 a 1.523
6	>1.523

Las larvas recién emergidas de los huevos son casi transparentes y pálidas (Figura 5A). Conforme se alimentan toman un color verdoso, resultado de la ingesta de follaje verde que se acumula en el intestino, su comportamiento es altamente gregario. Las de tamaño intermedio son de color verde y siguen formando grupos compactos, tienen cabeza color café claro y oculario redondo y negro (Figura 5B). Las larvas maduras pierden parte del comportamiento gregario, alcanzaron un largo de 2.6 cm en promedio, un máximo de 3.7 cm y 1.4 cm como mínimo (n=163). Presentan cabeza café claro, oculario redondo, negro; segmentos torácicos y abdominales casi lisos, con espinas cortas en los segmentos anulares. El cuerpo de la larva semitransparente, opaco, deja ver el contenido intestinal, verde por el consumo de acículas, con una franja clara dorsal ancha (separada por una delgada franja grisácea) y franjas laterales grisáceas, medianamente anchas, a menudo discontinuas a lo largo del cuerpo. Las patas son blanquecinas en las partes blandas; con los escleritos de la coxa, trocánter, fémur, tibia y uñas tarsales café-amarillento (Figura 5C).

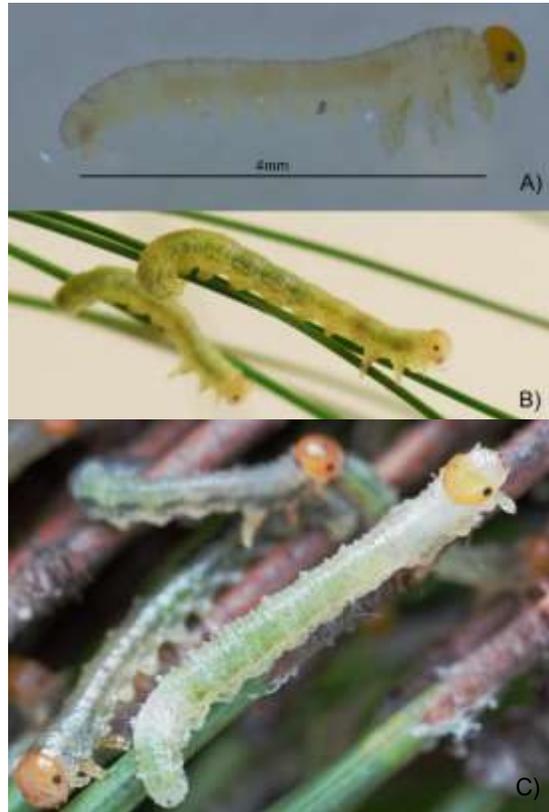


Figura 5. Larvas de *Z. Ilanderalae* nov. sp. A) Primer estadio, recién emergido del huevo, B) estadio intermedio y C) estadio maduro.

### Capullos

De los 40 capullos medidos se obtuvieron dos grupos, pequeños y grandes, los primeros midieron en promedio 3.6 mm de longitud y los segundos en promedio 4.2 mm. Recién formados son blanquecinos, luego adquieren un color café dorado. En el interior las larvas entran en una etapa de reposo, hasta que se forma la pupa.

### 3.5.2 Ciclo biológico

En la segunda mitad del mes de abril de 2021, en las inspecciones de campo, se recolectaron pocas hembras que estuvieron posadas sobre acículas, pero no se encontraron oviposturas, en mayo no se registraron adultos ni oviposturas. En la primera semana de junio de 2021 se registraron las primeras oviposturas, las

cuales fueron más frecuentes en las siguientes semanas hasta finales de julio, siempre hubo hembras cuidando las hileras de huevos. Las primeras larvas se observaron a partir de la última semana de junio y fueron más abundantes en la primera de julio. Los estadios intermedios estuvieron de julio a octubre, aunque empezaron a verse larvas maduras en el mes de agosto siendo más abundantes de septiembre a noviembre, en este último mes descienden de la copa de los árboles para enterrarse en el suelo y formar capullo, en donde pasarán al estado de pupa. Para diciembre, enero y febrero del siguiente año las larvas maduras sobre follaje fueron escasas. En el suelo, los primeros capullos se encontraron desde agosto, más abundantes durante septiembre hasta la primera mitad de julio del siguiente año, con menos individuos en la segunda mitad de julio. Con base en estas observaciones se acepta que ocurre una generación anual, con estados de desarrollo presentes en varios meses. La Figura 6 muestra los tiempos en que ocurre cada etapa de desarrollo.

En las inspecciones en campo se determinó que las larvas se alimentaron de acículas de *P. oaxacana*, *P. patula* y *P. leiophylla*, siendo la primera la principal hospedante.



más si considera que solo 810 fueron adultos de *Z. llanderalae*, de estos el 50 % fueron grandes, representando hembras, lo que permite deducir que hubo 7.3 hembras por m<sup>2</sup>.

### 3.6 DISCUSIÓN

La Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), para la Sierra Juárez mencionó las especies *Z. falsus* y *Z. howdeni* como los agentes causantes de la defoliación (Suárez-Mota et al., 2018; González-Goana y Sánchez-Martínez, 2018; Aguirre-Hidalgo et al., 2020). Sin embargo, la identificación de *Z. llanderalae* nov. sp. provino de inconsistencias en las características morfológicas de los especímenes recolectados en campo, y criados en laboratorio, encontrando que se trata de una especie nueva. Aguirre-Hidalgo et al. (2020) mencionan a *Z. howdeni*, como la especie afectante en Ixtlán de Juárez; sin embargo, las figuras de la hembra y del ovipositor no concuerdan con la descripción e ilustración de Smith (1988), para esta especie, que muestra un ovipositor corto con solo siete anillos y el primer anillo ausente; en cambio, sí se ajustan a las características descritas en las figuras 2A y C de este artículo, por lo que la especie reportada por Aguirre-Hidalgo et al. (2020) se trata más bien de *Z. llanderalae* nov. sp.

Los datos obtenidos para el ciclo biológico reportado por Aguirre-Hidalgo et al. (2020) no concuerdan de manera precisa a lo observado en este trabajo ya que ellos encontraron insectos adultos desde el mes de febrero , los huevos desde abril hasta finales de agosto, la presencia de larvas desde finales de mayo hasta finales de noviembre y los capullos dejan de presentarse hasta finales de febrero, mientras que en este trabajo se observaron adultos a partir de la segunda semana de abril, los huevos en los meses de junio y julio siendo esta la etapa de desarrollo más corta, las larvas desde finales de junio hasta principios de diciembre, siendo la etapa de los capullos la de mayor coincidencia en las fechas reportadas; sin embargo, es importante recalcar que el tipo de muestreo que se realizó en los trabajos es diferente y que es necesaria mayor investigación para obtener datos más detallados.

Se reconoce la importancia del control biológico natural que ejercen las avispas parasitoides ya que el 50% de los capullos fueron encontrados en esta condición, siendo las avispas del género *Exenterus* (Hymenoptera: Ichneumonidae) uno de los parasitoides detectados. En México se reportan como parasitoides de moscas sierra a especies de las familias Tachinidae, Ichneumonidae, Braconidae, Perilampidae, Pteromalidae y Eulophidae (Cibrián-Tovar et al., 1995; Ruíz-Cancino y Khalaim, 2015; González Gaona y Sánchez Martínez, 2018). Para *Z. falsus* se ha encontrado un 30% de parasitismo, causado por especies de *Lamachus*, *Stylocryptus*, *Endasys* y *Exenterus* (Hymenoptera: Ichneumonidae) y *Spathimeigenia mexicana* (Diptera: Tachinidae) (Cibrián-Tovar et al., 1995; González Gaona y Sánchez Martínez, 2018).

La densidad promedio por m<sup>2</sup> reportada para *Z. falsus* es de 35 hasta 138 individuos (Suárez-Mota et al., 2018), mientras que Aguirre-Hidalgo et al. (2020) reporta una densidad por m<sup>2</sup> de  $37.92 \pm 8.63$ , concordando con la densidad de 39.2 capullos por m<sup>2</sup> determinada para *Z. llanderalae* nov. sp., reflejando que la población del género *Zadiprion* va disminuyendo en la región afectada.

### **3.7 CONCLUSIONES**

El defoliador que ha estado causando altas infestaciones en los bosques de pino de Santa Catarina Ixtepeji, en los últimos cinco años es una nueva especie, que en este estudio se ha nombrado *Z. llanderalae* nov. sp.

El ciclo de desarrollo de *Z. llanderalae* es anual. El periodo de presencia de huevos es corto, mientras que el periodo de larvas y capullos son los más extensos, lo que es importante para planificar las medidas de combate para esta plaga.

### **3.8 AGRADECIMIENTOS**

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), a la Universidad Autónoma Chapingo, a las autoridades comunales de la comunidad

de Santa Catarina Ixtepeji por su apoyo en la realización de este estudio y al INIFAP Pabellón de Arteaga, Aguascalientes por su apoyo.

### 3.9 REFERENCIAS

AGUIRRE-HIDALGO, V., CASASOLA-GONZÁLEZ, J. A., ALFONSO-CORRADO, C., SANTIAGO-GARCÍA, E., & CLARK-TAPIA, R. (2020). Registro y ecología de *Zadiprion howdeni* (Hymenoptera: Diprionidae) en Ixltán de Juárez, Oaxaca. *Madera y Bosques*, 26(3), e2631943. doi: 10.21829/myb.2020.2631943

CASTELLANOS-BOLAÑOS, J. F., TREVIÑO-GARZA, E. J., AGUIRRE-CALDERÓN, O. A., JIMÉNEZ-PÉREZ, J., & VELÁZQUEZ-MARTÍNEZ, A. (2010). Diversidad arbórea y estructura espacial de bosques de pino-encino en Ixtlán de Juárez, Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 1(2), 39-52. doi:10.29298/rmcf.v1i2.636.

CASTRO, C. J. (1981). Contribución al estudio de la biología del defoliador de pino *Neodiprion fulviceps* (Cresson) complex (Hymenoptera: Diprionidae) en el estado de Chihuahua. *Ciencia Forestal*, 6(30): 43- 51.

CIBRIÁN-TOVAR, D., MÉNDEZ-MONTIEL, J. T., CAMPOS-BOLAÑOS, R., YATES III, H. O., & FLORES-LARA, J. (1995). *Insectos forestales de México (pp. 174-177)*. Publicación No. 6. Chapingo, Estado de México, México: Universidad Autónoma de Chapingo – SARH – SFFS – USDA – NRC – CFAN - FAO.

COMISIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAFOR). (2021). *Diagnóstico fitosanitario del Estado de Oaxaca, Primer semestre, año 2021*. Gerencia Estatal Oaxaca.

GONZÁLEZ-GAONA, E., & SÁNCHEZ-MARTÍNEZ, G. (2018). *Identificación y manejo de moscas sierra de la familia Diprionidae presentes en el centro norte de México*. Folleto Técnico. Fondo Sectorial para la Investigación, el

Desarrollo y la Innovación Tecnológica Forestal (CONACYT-CONAFOR).  
Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, Mexico.

GOT, B. (1988). Determination of instar of the European Corn Borer (Lepidoptera: Pyralidae) based on a distribution model of head capsule widths. *Annals of Entomological Society of America*, 81(1), 91-98. doi: 10.1093/aesa/81.1.91

INSTITUTO NACIONAL DE GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA (INEGI). (2016). *Anuario Estadístico del Estado de Oaxaca*. México, D. F. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825084295>

ORTIZ-PÉREZ, M. A., HERNÁNDEZ-SANTANA J. R. Y FIGUEROA-MAH-ENG, J. M. (2004). Reconocimiento fisiográfico y geomorfológico. En A. J. García-Mendoza., Ordóñez M. J. y Briones- Salas M. A. Eds. *Biodiversidad de Oaxaca*, (pp.141-158). Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza, World Wildlife Fund, México. Recuperado de <https://www.scielo.sa.cr/scieloOrg/php/reflinks.php?refpid=S0034-7744201200010003300028&pid=S0034-77442012000100033&lng=es>

RODRÍGUEZ L. R. (1990). *Plagas Forestales y su control en México*. Chapingo, Estado de México: Universidad Autónoma de Chapingo.

RUÍZ-CANCINO, E. & KHALAIM, A. I. (2015). Mexican species of the genus *Exenterus* Hartig (Hymenoptera: Ichneumonidae: Tryphoninae) reared from diprionid hosts. *Zootaxa*, 4048(1), 140-150. doi:10.11646/zootaxa.4048.1.9

SALINAS, M. Y., VARGAS, C. F., ZÚÑIGA, G., AGER, J. V., Y HAYES, J. L. (2010). Atlas de distribución geográfica de los descortezadores del género *Dendroctonus* (Curculionidae: Scolytinae) en México. Instituto Politécnico Nacional. Comisión Nacional Forestal. Zapopan; Jal., México. 90 p. Recuperado de

<http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/10%20Material%20de%20Consulta/Literatura/lectura%20adicional%20Atlas%20Distribuci%C3%B3n%20Descortezador.pdf>

SÁNCHEZ-MARTÍNEZ, G. (2017). Familia Diprionidae. En Cibrián T., D. (Ed.). *Fundamentos de Entomología Forestal* (pp. 321-325.). Publicación de la Red de Salud Forestal, Redes Temáticas de la Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), Universidad Autónoma Chapingo y Comisión Nacional Forestal, Chapingo, Texcoco, Estado de México, México.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE (SAS) (Cary, & NC). (2004). *SAS Language: Reference: Version 9*. Sas Inst.

SMITH, D. R. (1971). The genus *Zadiprion* Rohwer (Hymenoptera: Diprionidae). *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 73(2), 187-197. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/260794568\\_The\\_genus\\_Zadiprion\\_Rohwer\\_Hymenoptera\\_Diprionidae](https://www.researchgate.net/publication/260794568_The_genus_Zadiprion_Rohwer_Hymenoptera_Diprionidae)

SMITH, D. R. (1974). Conifer sawflies, Diprionidae: Key to North American genera, checklist of world species, and new species from Mexico (Hymenoptera). *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 76(4), 409-418. Recuperado de [https://www.researchgate.net/profile/David-Smith-38/publication/260798565\\_Conifer\\_sawflies\\_Diprionidae\\_Key\\_to\\_North\\_American\\_genera\\_checklist\\_of\\_world\\_species\\_and\\_new\\_species\\_from\\_Mexico\\_Hymenoptera/links/5b1f1cb4a6fdcc69745bff2d/Conifer-sawflies-Diprionidae-Key-to-North-American-genera-checklist-of-world-species-and-new-species-from-Mexico-Hymenoptera.pdf](https://www.researchgate.net/profile/David-Smith-38/publication/260798565_Conifer_sawflies_Diprionidae_Key_to_North_American_genera_checklist_of_world_species_and_new_species_from_Mexico_Hymenoptera/links/5b1f1cb4a6fdcc69745bff2d/Conifer-sawflies-Diprionidae-Key-to-North-American-genera-checklist-of-world-species-and-new-species-from-Mexico-Hymenoptera.pdf)

SMITH, D. R. (1988). A synopsis of the sawflies (Hymenoptera: Symphyta) of America south of the United States: Introduction, Xyelidae, Pamphiliidae,

Cimbicidae, Diprionidae, Xiphydriidae, Siricidae, Orussidae, Cephidae. *Systematic Entomology*, 13, 205-261. doi: 10.1111/j.1365-3113.1988.tb00242.x

SMITH, D. R. (1993). Systematics, life history, and distribution of sawflies. In M. Wagner and K.F. Raffa (eds.) *Sawfly life history adaptations to woody plants* (pp. 3-32). Academic Press, San Diego, CA.

SMITH, D. R., Sánchez-Martínez, G., & Ordaz-Silva, S. (2010). A new *Monoctenus* (Hymenoptera: Diprionidae) damaging *Juniperus flaccida* (Cupressaceae) in San Luis Potosí, México. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 112: 444 – 450. doi: 10.4289/0013-8797.112.3.444

SMITH, D. R., Sánchez-Martínez, G., & Ojeda-Aguilera, A. (2012). A new species of *Zadiprion* (Hymenoptera: Diprionidae) on *Pinus durangensis* from Chihuahua, Mexico, and a review of other species of the genus. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 114(2): 224-237. doi:10.4289/0013-8797.114.2.224

SMITH, D. R. (2019). A New *Zadiprion* (Hymenoptera: Diprionidae) from Baja California, Mexico, on *Pinus jeffreyi*. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 121(4): 700-703. doi: 10.4289/0013-8797.121.4.700

SOSA, D.L.; MÉNDEZ, G.J.; GARCÍA, A.M.A.; CAMBRÓN, S.V.H.; VILLARREAL, Q.J.A.; RUIZ, G.C.G. Y MONTOYA, J.J.C. (2018). Distribución potencial de barrenadores, defoliadores, descortezadores y muérdagos en bosques de coníferas de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(47): 187-208. doi: 10.29298/rmcf.v9i47.159

SUÁREZ-MOTA, M. E, PACHECO-GARCÍA, M. M., CRISTOBAL-ANGULO, O. P., ANTÚNEZ, P., SANTIAGO-GARCÍA, W., & BAUTISTA-JUÁREZ, I.

(2018). La plaga defoliadora *Zadiprion falsus* Smith en la Sierra Norte de Oaxaca, México: estado actual y perspectivas. *Agro productividad*, 11(7): 35-41. Recuperado de <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/913>

UNIÓN ESTATAL DE SILVICULTORES COMUNITARIOS DEL ESTADO DE OAXACA "U.N.E.S.C.O, A.C." (UESCO). (2018). Proyecto de contingencia fitosanitaria para el combate y control de insectos defoliadores mosca sierra (*Zadiprion falsus* y *Neodiprion bicolor*) e insectos descortezadores (*Dendroctonus adjunctus*) en las regiones Sierra Norte, Sierra Sur, Valles Centrales y Costa del estado de Oaxaca. 12-33. Recuperado de <http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/02%20Informes%20de%20acciones%20operativas/CordinacionInstitucional/SAN3AP0818201698%20CONTINGENCIA%20FITOSANITARIA%20FORESTAL.pdf>

VILLA-CASTORENA, M. M. Y CATALÁN-VALENCIA, E. A. (2004). Determinación de estadios larvales de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) para la construcción de un modelo de predicción. *Folia Entomológica Mexicana*, 43(3): 307-312. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/424/42443306.pdf>

## 4 EVALUACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS DE COMBATE REALIZADOS PARA *ZADIPRION* (HYMENOPTERA: DIPRIONIDAE) EN LA SIERRA JUÁREZ DE OAXACA

### EVALUATION OF COMBAT TREATMENTS FOR *Zadiprion* (HYMENOPTERA: DIPRIONIDAE) IN THE SIERRA JUÁREZ OF OAXACA

#### 4.1 Resumen

En los bosques de la Sierra Juárez de Oaxaca, en 2018 y 2019, se presentaron infestaciones severas por una especie de mosca sierra del género *Zadiprion* (Hymenoptera: Diprionidae), provocando pérdidas económicas y ecológicas. Por ello, mediante aspersiones aéreas y terrestres se aplicaron tratamientos de entomopatógenos. Para evaluar la eficacia de los tratamientos, ocho meses después de su aplicación en 2018, se levantaron 55 sitios de muestreo de 1 m<sup>2</sup> en cada una de las comunidades Santa Catarina Ixtepeji, Pueblos Mancomunados e Ixtlán de Juárez. Los tratamientos fueron aspersión por vía aérea, aspersión terrestre, escarificación de suelo y testigo. En cada unidad de muestreo se recolectaron los capullos presentes. Utilizando el paquete estadístico SAS (9.4), mediante el procedimiento GLIMMIX se ajustó un Modelo Lineal Generalizado (MLG) a los conteos de capullos. Se reconoció que en las comunidades de Santa Catarina Ixtepeji, Pueblos Mancomunados e Ixtlán de Juárez las infestaciones por el defoliador tienen una tendencia a la baja, con un estimador general de 35.42 capullos/m<sup>2</sup>. El promedio de capullos/m<sup>2</sup> en Santa Catarina Ixtepeji fueron de 21.06, 24.86, 57.93 y 59.80; Pueblos Mancomunados con 45.93, 53.93, 23.06 y 18.10; y en Ixtlán de Juárez fueron 42.00, 32.93, 8.33 y 19.30; para las zonas testigo, aspersión aérea, aspersión terrestre y escarificación, respectivamente. No hubo diferencias significativas entre el testigo y el tratamiento aéreo y solo el tratamiento de escarificación fue distinto al testigo en una de las tres localidades. Como resultado de la evaluación se recomendó modificar la mezcla de entomopatógenos a utilizar en campañas subsecuentes.

**PALABRAS CLAVE:** Aspersión aérea, aspersión terrestre, control biológico, defoliador de pinos, plaga forestal.

Tesis de Maestría en Ciencias, Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo

Autor: Alexa Hernández Contreras

Director de Tesis: Dr. David Cibrián Tovar

## 4.2 Abstract

In the forests of the Sierra Juárez of Oaxaca, in 2018 and 2019, severe outbreaks of a sawfly of the genus *Zadiprion* (Hymenoptera: Diprionidae) were registered, causing economic and ecological losses. For this reason, aerial and terrestrial entomopathogen control treatments were applied. To evaluate the efficacy of the treatments, eight months after their application in 2018, 55 sampling sites of 1 m<sup>2</sup> were collected in each of Santa Catarina Ixtepeji, Pueblos Mancomunados and Ixtlán de Juárez communities. The treatments were aerial spraying, ground spraying, soil scarification and control. In each sampling unit, the cocoons present were collected. Using the statistical package SAS (9.4), by means of the GLIMMIX procedure, a Negative Binomial Generalized Linear Model (GLM) was adjusted to cocoon counts. It was recognized that in the communities of Santa Catarina Ixtepeji, Pueblos Mancomunados and Ixtlán de Juárez, the intensity of the outbreaks had a downward trend, with a general estimate of 35.42 cocoons/m<sup>2</sup>. The sample means of the cocoons obtained for Santa Catarina Ixtepeji were 21.06, 24.86, 57.93 and 59.80; Pueblos Mancomunados with 45.93, 53.93, 23.06 and 18.10; and in Ixtlán de Juárez they were 42:00, 32:93, 8:33 and 19:30; for the control areas, aerial spraying, ground spraying and scarification, respectively. We find no significant differences between the control and the aerial treatment and only the scarification treatment was different from the control in one of the three locations. As a result of the evaluation, the mixture of entomopathogens to be used in subsequent campaigns recommended.

**KEY WORDS:** Aerial spray, biological control, forest pest, ground spray, pine defoliator.

Master of Science Thesis, Master of Science in Forestry Sciences, Universidad Autónoma Chapingo, Mexico.

Author: Alexa Hernández Contreras

Advisor: Dr. David Cibrián Tovar

### 4.3 Introducción

Los bosques de México en su mayoría se componen de pino-encino, y están propensos a varios agentes de disturbio, algunos de ellos son los incendios forestales, tala excesiva y plagas forestales (Salinas, Vargas, Zúñiga, Ager, y Hayes, 2010; Sosa et al., 2018).

Los insectos defoliadores más representativos en los bosques de clima templado son las moscas sierra de los géneros *Zadiprion*, *Neodiprion* y *Monoctenus*, que pertenecen a la familia Diprionidae. Estos insectos causan grandes daños a sus principales hospederos de las familias Pinaceae (*Pinus*, *Picea* y *Abies*) y Cupresaceae (*Juniperus* y *Cupressus*) (Smith, 1988; Cibrián-Tovar, Méndez-Montiel, Campos-Bolaños, Yates III, y Flores-Lara 1995; Linnen y Farrell, 2010).

En la Sierra Norte de Oaxaca; desde 2015 se observaron ataques de mosca sierra, aislados en un principio y crecientes epidémicamente en los siguientes años, estimando incrementos de 400% promedio por año (Suárez-Mota et al., 2018). Este insecto, inicialmente fue reportado como *Zadiprion falsus*, luego se corrigió a *Zadiprion howdeni* (Aguirre-Hidalgo et al., 2020 ). Las infestaciones registradas permitieron estimar un potencial de afectación de 14,000 hectáreas (Suarez-Mota et al. 2018). En este trabajo, la especie plaga se identificó y describió como una especie nueva, con el nombre de *Zadiprion llanderalae* Sánchez-Martínez & Cibrián-Tovar.

Para el combate de la plaga se han aplicado varios métodos intentando prevenir que la plaga se expanda en la región y cause una alteración en los pinares de la Sierra Juárez (Suárez-Mota et al., 2018). Por ello, durante 2019, se desarrollaron campañas de combate, mediante la aplicación de insecticidas biológicos asperjados con helicóptero y complementados con aspersiones terrestres y remoción de suelos para exposición de capullos (escarificación) (Comisión Nacional Forestal [CONAFOR], 2021).

En este trabajo se evalúan los tratamientos aplicados para el combate de la plaga, en las comunidades de Santa Catarina Ixtepeji, Pueblos Mancomunados e Ixtlán de Juárez.

#### **4.4 Materiales y métodos**

##### **4.4.1 Zona de estudio**

El estudio se realizó en los bosques de las comunidades de Santa Catarina Ixtepeji, Pueblos Mancomunados e Ixtlán de Juárez (Cuadro 9), ubicados en la Sierra Juárez, ubicada al norte de la capital del estado de Oaxaca (Ortiz-Pérez, Hernández-Santana, y Figueroa-Mah-Eng, 2004). El suelo es acrisol húmico (Alfaro-Sánchez, 2004) y yace sobre calizas o lutitas del Cretácico inferior (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2000). La mayoría del territorio se encuentra entre 1,000 y 2,500 msnm. El promedio de la temperatura anual es de 15.2°C y una precipitación anual de 1,115.6 mm, siendo los meses de junio a octubre cuando se presenta la temporada de lluvia, de acuerdo con los datos provenientes de la estación que se encuentra en rancho Texas (17° 19' N-26° 27' W; 2,230 msnm) (Unión de Comunidades Productoras Forestales y Agropecuarias Zapoteco Chinanteca [UZACHI], 2006) (Figura 7).

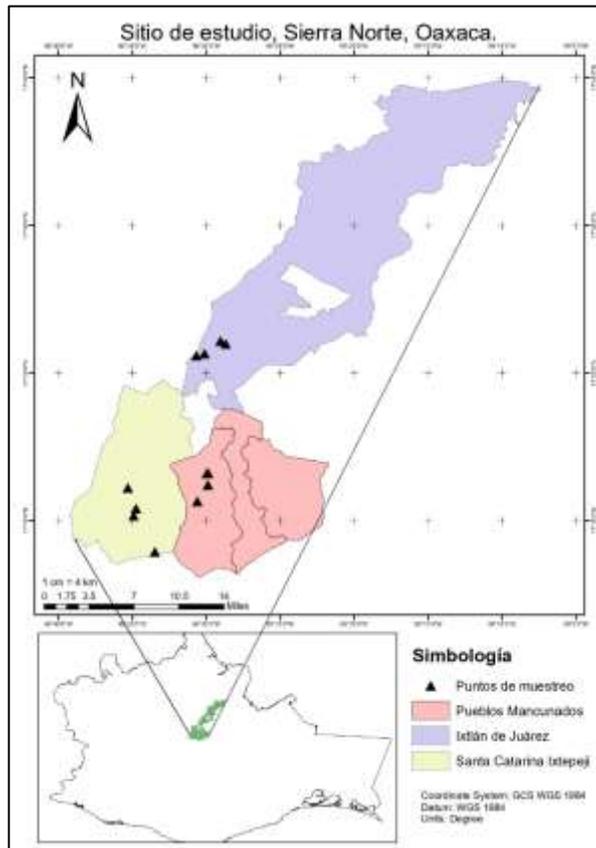


Figura 7. Ubicación geográfica del municipio de Santa Catarina Ixtepeji, Pueblos Mancomunados e Ixtlán de Juárez, Oaxaca y del sitio de estudio.

Cuadro 9. Superficie afectada por la mosca sierra *Zadiprion llanderalae* nov. sp. en 2019 en la Sierra Norte de Oaxaca.

Comunidad	Superficie afectada (ha)
Santa Catarina Ixtepeji	5,005.40
Pueblos Mancomunados	1,232.90
Ixtlán de Juárez	686.6

<sup>2</sup>Datos de superficie afectada proporcionados por A. A. Vargas (Comunicación personal, 28 de octubre de 2019).

#### 4.4.2 Tratamientos de combate

**Mezcla insecticida.** El insecticida que se utilizó en las aspersiones aéreas y terrestres fue el Bt+BMP. De acuerdo con la ficha técnica se tiene la siguiente información:

Nombre común: *Bacillus thuringiensis* var *kurstaki* cepas estándares HD-1 y HD-73 + *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Paecilomyces fumosoroseus*

Designación o nombre comercial: BTBMP Bt.- CA DPR Chem Code:3955 CAS:68038-71-1 PCCode:006402; Bb.- CAS: 63428-820, CA DPR Chem code: 3948, PC Code: 090305; Ma.- CAS: 67892-13-1; Pf.- ND

Composición:

- *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*, no menos de  $10 \times 10^7$  ufc/ml
- *Beauveria bassiana* no menos de  $30 \times 10^6$  ufc/ml
- *Metarhizium anisopliae*, no menos de  $30 \times 10^6$  ufc/ml
- *Paecilomyces fumosoroseus*, no menos de  $30 \times 10^6$  ufc/ml

#### **4.4.3 Aplicación de los tratamientos**

En la campaña de combate se realizaron tres tratamientos: aspersión aérea, aspersión terrestre y escarificación. Para comparar el efecto de cada tratamiento se levantaron sitios en áreas no tratadas por ningún método y que estuvieron defoliadas. Se aclara que estas áreas no recibieron tratamientos por falta de recursos.

##### **Aspersión aérea**

Se utilizó un helicóptero Bell 206. En la campaña mencionada utilizaron un helicóptero Bell 206, con el que se hicieron las aspersiones en franjas. Fue en la superficie de estas franjas donde se tomaron muestras de capullos. En el Cuadro 10 se muestran las superficies tratadas y se aprecia que fue el tratamiento que mayor superficie cubrió.

Cuadro 10. Aspersión aérea de Bt+BMP con helicóptero Bell 206, en polígonos por comunidad inspeccionada (datos de la UCOSIJ).

Comunidad	Superficie asperjada (Ha)	Tamaño del polígono (Ha)	Fecha (todas de 2019)	Cubrimiento %
Santa Catarina Ixtepeji	4,020	6,085.3	8,9,10,11,12 y 13 noviembre y 1-7 diciembre de 2018	90-100
Pueblos Mancomunados	1,231.8	1,232.2	28 -30 noviembre y 1 de diciembre	90-100
Ixtlán de Juárez	690	690	17-20 noviembre	90-100
Total	5,941.8	8007.5		

### Aspersión terrestre

Utilizando la misma formulación que en la aplicación aérea, (producto Bt+BMP con base en una mezcla de *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Paecilomyces fumosoroseus*, en dosis de 2.5 ml de producto por litro de agua) se asperjaron 367.4 Ha., para ello se utilizaron aspersoras motorizadas y de parihuelas. Este tratamiento se aplicó en sitios con defoliación severa donde la aspersión aérea no alcanzó a cubrir, en las localidades de Santa Catarina Ixtepeji y Pueblos Mancomunados. Se escogieron predios para tomar muestras de suelo y determinar el número y condición de capullos en las tres comunidades.

### Combate físico-mecánico, escarificación de suelos

Esta actividad consistió en identificar sitios en donde hubo alta infestación de larvas, y en el área de sombra de los árboles defoliados, hacer la remoción de hojarasca (ocochal), con azadón, rastrillo y coa. Fue una labor que se logró en 181.2 ha, distribuidas en las localidades de Santa Catarina Ixtepeji, Ixtlán de

Juárez y Pueblos Mancomunados. En este tratamiento fue difícil recolectar muestras ya que el suelo fue removido.

#### **4.4.4 Colecta y manejo de muestras**

En áreas infestadas de cada comunidad se levantaron sitios de muestreo circulares de 1000 m<sup>2</sup> donde hubo árboles que fueron defoliados en 2018 y 2019. Se escogieron sitios tratados con métodos de combate y sitios que no fueron combatidos (testigo). De cada uno de estos sitios se levantaron sus coordenadas geográficas (GARMIN ETREX 22X).

Dentro del sitio de muestreo se levantaron cinco unidades muestrales, una en el centro del sitio y las cuatro restantes en cada punto cardinal, N, S, E y O. La unidad muestral fue de 1 m<sup>2</sup>. Las unidades estuvieron dentro de la sombra de la copa de los árboles defoliados, buscando que la topografía del suelo permitiera el levantamiento de la muestra (Cuadro 11).

Una vez seleccionada la unidad muestral, ésta se delimitó (con la misma pala o un marco de madera), luego se procedió a remover la hojarasca, hasta dejar visible el suelo. Con la pala se excavó a una profundidad de 20 cm; dicha excavación se hizo con cuidado y el material resultante se depositó en un harnero, agitándolo para tamizar el suelo e ir descubriendo los capullos de *Zadiprion*, recolectando cada uno de ellos. En sitios húmedos no fue posible usar el harnero, por lo que la recolecta de capullos fue manual, directamente del suelo.

Para cada unidad muestral de 1 m<sup>2</sup> se utilizó una bolsa ziplock, con los datos anotados en la parte blanca de la bolsa; estos datos son:

- Número de muestra.
- Fecha
- Localidad: Municipio, nombre de la Comunidad, nombre del Paraje
- Coordenadas y altitud msnm
- Nombre de la persona que tomó la muestra

- Especie de árbol, altura y diámetro
- Tratamiento recibido.

Se levantaron cinco unidades muestrales de 1 m<sup>2</sup> por sitio en los tratamientos aéreo, terrestre y testigo. Sin embargo, hubo modificaciones en los sitios tratados por escarificación, ya que solo fue posible levantar dos sitios en cada comunidad, la razón es que fueron terrenos con suelo levantado por la misma escarificación y fue difícil encontrar donde levantar dichas muestras. Se ajustó el análisis estadístico para trabajar con muestras distintas por comunidad. En el Cuadro 11 se describen el total de los sitios que se levantaron en las cinco comunidades.

En el Laboratorio de Entomología Forestal de la División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo se revisó cada uno de los capullos recolectados, determinando tres categorías: con corte limpio y grande en un extremo (emergencia de adultos de *Zadiprion*, con perforaciones circulares pequeñas (evidencia de parasitoides) y cerrados; éstos últimos se abrieron para revisar y calificar su contenido.

Cuadro 11. Sitios y (unidades muestrales) para la evaluación de los tratamientos de combate utilizados.

Comunidad	Aspersión aérea	Asperción terrestre	Escarificación	Testigo	Total
Santa Catarina Ixtepeji	3 (15)	3 (15)	2 (10)	3 (15)	11 (55)
Pueblos Mancomunados	3 (15)	3 (15)	2 (10)	3 (15)	11 (55)
Ixtlán de Juárez	3 (15)	3 (15)	2 (10)	3 (15)	11 (55)
Totales	9 (45)	9 (45)	6 (30)	9 (45)	33(165)

#### 4.4.5 Análisis de datos

Los datos de campo y laboratorio fueron capturados en una hoja de cálculo de Excel® (Microsoft Office, 2013) generando una base de datos por cada parcela

de muestreo, donde se incluyó el tipo de tratamiento aplicado, rodal, anualidad evaluada e información general de cada parcela de muestreo, obteniendo la media de la densidad de población de los capullos por m<sup>2</sup>.

El análisis de efectividad de tratamientos se realizó con los datos obtenidos de las comunidades de Santa Catarina Ixtepeji, Pueblos mancomunados e Ixtlán de Juárez. Para este análisis se utilizó el modelo de diseño completamente al azar con dos factores (tratamientos de combate y comunidad). Utilizando el paquete estadístico SAS (9.4), mediante el procedimiento GLIMMIX se ajustó un Modelo Lineal Generalizado (MLG) en el cual la variable dependiente fue el conteo de capullos. Usando la distribución Binomial Negativa (Liga log) se probó la hipótesis de interacción entre tratamientos y comunidades. Para la comparación de medias de los métodos de combate se utilizó el método LSD de Fisher a un nivel de significancia de 0.05.

## **4.5 Resultados**

### **4.5.1 Población total y promedio de capullos de 2019**

Se recolectaron un total de 5,593 capullos, siendo Santa Catarina Ixtepeji, la comunidad con mayor abundancia, mientras que Ixtlán de Juárez fue la que presentó la menor cantidad de capullos de la mosca sierra (Cuadros 12 y 13).

Las zonas donde se realizaron tratamientos de aspersión aérea en las comunidades de Pueblos Mancomunados e Ixtlán de Juárez son las que presentan mayor cantidad de capullos con 809 y 494, respectivamente; mientras que en Santa Catarina Ixtepeji las zonas de mayor cantidad de capullos con 869 es donde se realizó aspersión terrestre.

Como se aprecia en el Cuadro 12, el tratamiento por aspersión aérea no fue efectivo para combatir a la plaga. Por el estudio de ciclo biológico realizado en 2020, capítulo III de esta tesis, se reconoce que las fechas de aplicación fueron tardías, además se utilizó una mezcla en la que el ingrediente *Bacillus thuringiensis var. kurstaki*, no está recomendado para control de larvas de

Hymenoptera, es específico para control de larvas de Lepidóptera (Frankenhuyzen y Nystrom, 2011).

Cuadro 12. Capullos de 2019, totales del muestreo por comunidad.

	Tratamiento				Total
	Aspersión aérea	Aspersión Terrestre	Escarificación	Testigo	
Santa Catarina Ixtepeji	373	869	598	316	2156
Pueblos Mancomunados	809	346	181	689	2025
Ixtlán de Juárez	494	125	193	630	1442
Total	1676	1340	972	1635	5593

El promedio de capullos por m<sup>2</sup> (Cuadro 13) nos permite determinar que el tratamiento con menor impacto en la población de la plaga es la escarificación para Santa Catarina Ixtepeji con 59.80 %, siendo el tratamiento menos consistente en las comunidades ya que cada una tiene un procedimiento diferente para realizarla; el tratamiento de aspersion aérea con 53.93 % para Pueblos Mancomunados y 32.93 % para Ixtlán de Juárez, es el de menor efectividad para estas comunidades.

Cuadro 13. Promedios de capullos muestreados por m<sup>2</sup> para cada comunidad.

	Tratamiento				Total
	Aspersión aérea	Aspersión Terrestre	Escarificación	Testigo	
Santa Catarina Ixtepeji	24.86 (15)	57.93 (15)	59.80 (10)	21.06 (15)	39.2 (55)
Pueblos Mancomunados	53.93 (15)	23.06 (15)	18.10 (10)	45.90 (15)	36.8 (55)
Ixtlán de Juárez	32.93 (15)	8.33 (15)	19.30 (10)	42.00 (15)	30.27 (55)
Promedios totales	37.24 (45)	29.77 (45)	32.4 (30)	36.32 (45)	35.42 (165)

<sup>2</sup>Entre paréntesis se muestra número de unidades muestrales para el cálculo de la media.

#### 4.5.2 Comparación estadística de cada método de combate

##### Interacción comunidad-tratamiento

Primero comprobamos que el modelo con los datos tiene un ajuste casi perfecto ya que el valor de la estadística Chi-cuadrada de Pearson/DF es 1.10. La interacción de tratamiento-comunidad nos dio un valor P de 0.0001, lo que significa que su interacción es altamente significativa, es decir, que los efectos de los tratamientos dependen de la comunidad a la que fue aplicada.

En la Figura 8 se muestra ilustrativamente la interacción que existe entre los factores tratamiento y comunidad.

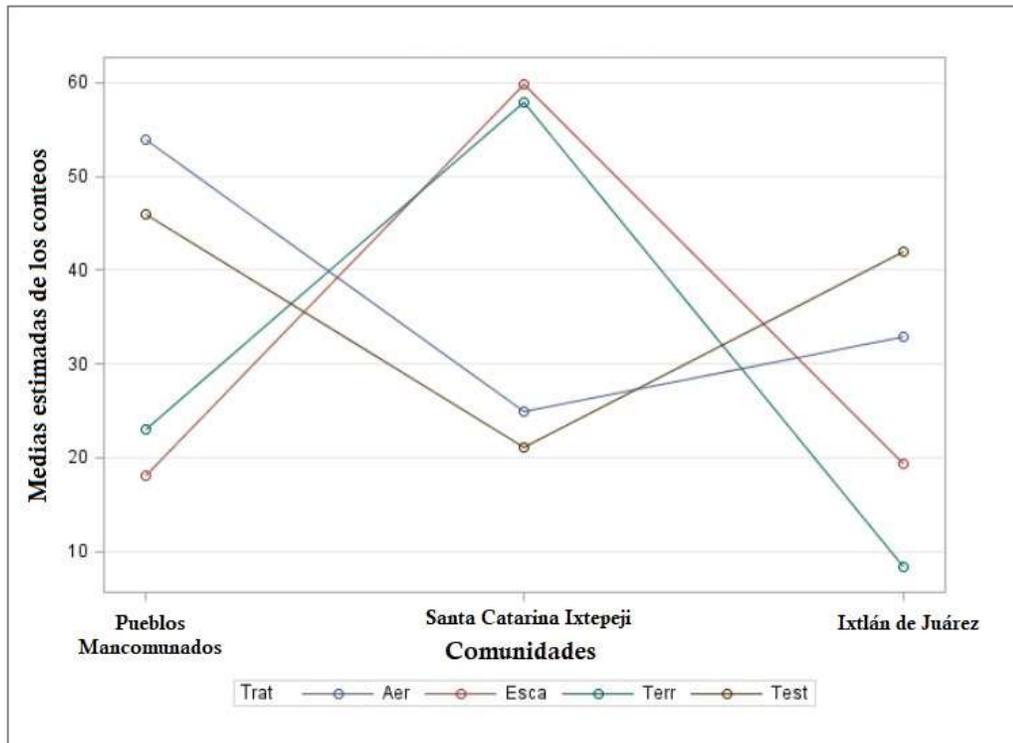


Figura 8. Gráfica de interacción entre los tratamientos y las comunidades.

### Santa Catarina Ixtepeji

El valor de la estadística Chi-cuadrada de Pearson/DF es 0.94 indicando un excelente ajuste de los datos al modelo estadístico utilizado.

Las pruebas de efectos fijos de tipo III tuvo un valor P de 0.002, mucho menor al nivel de significancia  $\alpha=0.05$ , lo que da una fuerte evidencia para rechazar la hipótesis nula de igualdad de efectos de tratamiento, por lo tanto, si existen efectos diferentes entre los tratamientos aplicados en esta comunidad.

El Cuadro 14 muestra que la media del número de capullos del testigo es menor (21.06) a las encontradas en las zonas de los tratamientos, en la aspersión aérea, escarificación y aspersión terrestre, con medias de 24.86, 59.80, 57.93, respectivamente. La prueba de comparación de medias LSD de Fisher mostró que el único tratamiento cuya media no es significativamente diferente ( $P<.0001$ ) a la media del testigo es la aspersión aérea, sin embargo, esto se puede explicar por las zonas testigo que se utilizaron para el levantamiento de datos, ya que

Santa Catarina Ixtepeji es la comunidad más afectada por la defoliación en sus bosque, las únicas zonas a las que no se les había aplicado algún tratamiento de combate eran las de nuevos brotes, explicando los pocos capullos encontrados.

Cuadro 14. Medias de los mínimos cuadrados de los tratamientos de combate en Santa Catarina Ixtepeji.

Tratamiento	Media	Pr> t  (H <sub>0</sub> :μ=0)	Error estándar de la media
Escarificación	59.80(A)	<0.0001	15.95
Aspersión Terrestre	57.93(A)	<0.0001	12.62
Aspersión aérea	24.86(B)	<0.0001	5.50
Testigo	21.06(B)	<0.0001	4.68

<sup>2</sup>Entre paréntesis con letras iguales medias no son significativamente diferentes.

### **Pueblos mancomunados**

El valor de la estadística Chi-cuadrada de Pearson / DF fue de 1.16 mostrando un excelente ajuste de los datos al modelo estadístico utilizado.

La prueba de efectos fijos de tipo III arrojó un valor P=0.00030 , lo que demuestra una fuerte evidencia para rechazar la hipótesis nula de igualdad de efectos de tratamientos. Esto prueba que, si existen diferencias significativas entre los tratamientos utilizados ( $\alpha=0.05$ ). Concluyendo que en esta comunidad el tratamiento que tuvo mayor efectividad de combate contra la mosca sierra fue la escarificación ya que su media de presencia de capullos es menor a las zonas donde se realizaron aspersiones aéreas y terrestres (Cuadro 15).

La prueba de comparación de medias LSD de Fisher mostró que la aspersión aérea no es significativamente diferente al testigo , mientras que la aspersión terrestre y la escarificación si son significativamente diferentes al testigo (Cuadro 15).

Cuadro 15. Medias de los mínimos cuadrados de los tratamientos de combate en Pueblos Mancomunados.

Tratamiento	Media	Pr> t  (H <sub>0</sub> :μ=0)	Error estándar de la media
Aspersión aérea	53.93(A)	<0.0001	11.32
Testigo	45.93(A)	<0.0001	9.671
Aspersión terrestre	23.06(B)	<0.0001	4.935
Escarificación	18.10(B)	<0.0001	4.783

<sup>2</sup>Entre paréntesis con letras iguales medias no son significativamente diferentes.

### Ixtlán de Juárez

El valor de la estadística Chi-cuadrada de Pearson/DF fue de 1.22 indicando un excelente ajuste de los datos al modelo estadístico utilizado.

La prueba de efectos fijos de tipo III arrojó un valor  $P < 0.0001$ , lo que muestra una fuerte evidencia en favor de la hipótesis alternativa, de que si existen efectos diferentes entre los tratamientos aplicados a esta comunidad.

La media del número de capullos del testigo fue de 42.00, siendo más grande a las encontradas en las zonas donde se realizaron los tres tratamientos aplicados, para aspersión aérea la media es de 32.93, escarificación con 19.30 y aspersión terrestre con 8.33, señalando que los tres tratamientos tienen una efectividad diferente, el tratamiento con mayor efectividad es la aspersión terrestre, ya que la presencia de capullos en estas zonas fue la menor presencia (Cuadro 15).

La prueba de comparación de medias LSD de Fisher indicó que el único tratamiento que no es significativamente diferente al testigo es la aspersión aérea, mientras que la aspersión terrestre y la escarificación si son significativamente diferentes, determinando que la aspersión aérea es la que tuvo menor efectividad (Cuadro 15).

Cuadro 16. Medias de los mínimos cuadrados de los tratamientos de combate en Ixtlán de Juárez.

Tratamiento	Media	Pr> t  (H <sub>0</sub> :μ=0)	Error estándar de la media
Testigo	42.00(A)	<0.0001	8.58
Aspersión aérea	32.93(A,B)	<0.0001	6.76
Escarificación	19.30(B)	<0.0001	4.93
Aspersión terrestre	8.33(C)	<0.0001	1.82

<sup>2</sup>Entre paréntesis con letras iguales medias no son significativamente diferentes.

#### 4.6 Discusión

Existe mayor defoliación del follaje de los árboles cuando hay presencia de larvas y adultos de los insectos defoliadores, el grado de defoliación depende de la época en que se presentan y la densidad de la población del insecto defoliador en la zona afectada (CONAFOR, 2021). Por lo que es importante conocer, en cada lugar afectado, la taxonomía y ciclo biológico de la mosca sierra que afecta la zona donde se realizarán los tratamientos y generar estrategias óptimas para su control (González-Gaona y Sánchez- Martínez, 2018).

En nuestro caso, la poca efectividad de la aspersión aérea se puede explicar por la fecha tardía de aspersión de tratamientos, finales de noviembre y principios de diciembre, cuando la mayoría de la población de capullos estuvo enterrada en el suelo, lo cual demostramos en el capítulo III de esta tesis y por los estudios de Cibrián-Tovar et al, (1995) y Aguirre et al., (2020). Por lo que se recomienda realizar la aspersión en los meses de agosto y septiembre, donde se observaron larvas jóvenes.

Para la aspersión terrestre se ocuparon aspersoras motorizadas y de parihuelas, y aunque se utilizó la misma fórmula utilizada en la aspersión aérea, en algunas comunidades se utilizaron jabones y detergentes en diferentes concentraciones y en diferentes fechas (E. Juárez Martínez, comunicación personal, 7 de

septiembre de 2020), lo que pudo afectar los resultados. Este tratamiento se realizó de manera complementaria para lograr una mayor efectividad en el control del insecto defoliador.

La escarificación consiste en la remoción del suelo superficial llegando hasta el suelo mineral, con ello, los capullos quedan expuestos a la intemperie, luz directa del sol y depredación por vertebrados (Resco de Dios et al., 2005; Álvarez & Díaz, 2010). En algunas zonas donde se realizó esta actividad los capullos expuestos se juntaron en montones y se quemaban en un solo lugar, también los dejaron expuestos a la luz solar para que se sequen, y otras veces se quemaba toda la zona que se había escarificado (M. G. Gómez Juárez, 28 de agosto de 2020), todos los cambios en la técnica realizada son importantes a tener en cuenta para explicar los resultados que se obtuvieron en cada comunidad, ya que cada una realizaba este trabajo de manera diferente, con los datos obtenidos se puede determinar que las técnicas utilizadas en Ixtlán de Juárez y Pueblos Mancomunados no fueron eficaces y que se deben modificar las fechas y los protocolos de tratamiento.

#### **4.7 Conclusiones**

Existe una significativa interacción entre la efectividad de los tratamientos dependiendo de la comunidad en que se esté aplicando.

La efectividad de la aspersión aérea depende de la fórmula de del plaguicida que se utilice. Es importante dejar de utilizar *B. thuringiensis* var. *kurstaki*. La etapa de desarrollo en que se encuentra el insecto plaga cuando se le aplica el plaguicida es muy importante para obtener mejores resultados en los tratamientos de aspersión.

Las técnicas utilizadas para la aspersión aérea y escarificación deben de adaptarse para obtener mejores resultados y poder implementarse en todas las comunidades afectadas por el insecto plaga.

#### 4.8 Agradecimientos

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), a la Universidad Autónoma Chapingo, a las autoridades comunales de las comunidades de Santa Catarina Ixtepeji, Ixtlán de Juárez y Pueblos Mancomunados por su apoyo y disponibilidad para la realización de este estudio.

#### 4.9 Literatura citada

- Aguirre-Hidalgo, V., Casasola-González, J. A., Alfonso-Corrado, C., Santiago-García, E., y Clark-Tapia, R. (2020). Registro y ecología de *Zadiprion howdeni* (Hymenoptera: Diprionidae) en Ixtlán de Juárez, Oaxaca. *Madera y Bosques*, 26(3), e2631943. doi: 10.21829/myb.2020.2631943
- Alfaro-Sánchez G. (2004). Suelos. En: García-Mendoza A. J., Ordóñez M. J. y Briones-Salas M. A. Eds. *Biodiversidad de Oaxaca*. (pp.55-65). Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza, World Wildlife Fund, México.
- Álvarez R. Z., y Díaz. V.M. E. (2010). *Enemigos Naturales Del Defoliador de Pinos, Zadiprion Falsus* Smith (Hymenoptera: Symphyta: Diprionidae). En Durango. Recuperado de [https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/8207/1/art\\_1.pdf](https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/8207/1/art_1.pdf)
- Cibrián-Tovar, D., Méndez-Montiel, J. T., Campos-Bolaños, R., Yates III, H. O., y Flores-Lara, J. (1995). *Insectos forestales de México* (pp. 174-177). Publicación No. 6. Chapingo, Estado de México, México: Universidad Autónoma de Chapingo – SARH – SFFS – USDA – NRC – CFAN - FAO.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2021). *Diagnóstico fitosanitario del estado de Oaxaca, Primer semestre, año 2021*. Gerencia Estatal Oaxaca.
- González-Gaona, E., y Sánchez-Martínez, G. (2018). *Identificación y manejo de moscas sierra de la familia Diprionidae presentes en el centro norte de México*. Folleto Técnico. Fondo Sectorial para la Investigación, el Desarrollo y la Innovación Tecnológica Forestal (CONACYT-CONAFOR). Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, Mexico. Recuperado de <http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/09%20Manuales%20t%C3%A9cnicos/Manual%20moscas%20sierra.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2000). Anuario Estadístico del estado de Oaxaca. Instituto Nacional de Geografía e Informática. México, D. F.
- Linnen C. R., y Farrell, B. D. (2010). A test of the sympatric host race formation hypothesis in *Neodiprion* (Hymenoptera: Diprionidae). *Proceedings of the*

*Royal Society B.* 277, 3131- 3138. doi:10.1098/rspb.2010.0577

- Ortiz-Pérez, M. A., Hernández-Santana, J. R., y Figueroa-Mah-Eng, J. M. (2004). Reconocimiento fisiográfico y geomorfológico. En: García-Mendoza A.J., Ordóñez-Díaz M.J. y Briones-Salas M.A. Eds. *Biodiversidad de Oaxaca*. (pp. 43-54). Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza, World Wildlife Fund, México D.F.
- Resco de Dios, V., Yoshida, T., & Iga, V. (2005). Effects of topsoil removal by soil-scarification on regeneration dynamics of mixed forests in Hokkaido, Northern Japan. *Forest Ecology and Management*, 215, 138–148. doi: 10.1016/j.foreco.2005.05.010
- Salinas, M. Y., Vargas, C. F., Zúñiga, G., Ager, J. V., y Hayes, J. L. (2010). *Atlas de distribución geográfica de los descortezadores del género Dendroctonus* (Curculionidae: Scolytinae) en México. Instituto Politécnico Nacional. Comisión Nacional Forestal. Zapopan; Jal., México. 90. Recuperado de <http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/10%20Material%20de%20Consulta/Literatura/lectura%20adicional%20Atlas%20Distribuci%C3%B3n%20Descortezador.pdf>
- SAS Institute, Statistical Analysis System Institute (Cary, & NC). (2004). SAS Language: Reference: Version 9.4. Sas Inst.
- Smith, D. R. (1988). A synopsis of the sawflies (Hymenoptera: Symphyta) of America south of the United States: Introduction, Xyelidae, Pamphiliidae, Cimbicidae, Diprionidae, Xiphydriidae, Siricidae, Orussidae, Cephidae. *Systematic Entomology*, 13, 205-261. doi: 10.1111/j.1365-3113.1988.tb00242.x
- Sosa, D.L.; Méndez, G.J.; García, A.M.A.; Cambrón, S.V.H.; Villarreal, Q.J.A.; Ruiz, G.C.G. y Montoya, J.J.C. (2018). Distribución potencial de barrenadores, defoliadores, descortezadores y muérdagos en bosques de coníferas de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(47), 187-208. doi: 10.29298/rmcf.v9i47.159
- Suárez-Mota, M. E, Pacheco-García, M. M., Cristobal-Angulo, O. P., Antúnez, P., Santiago-García, W., y Bautista-Juárez, I. (2018). La plaga defoliadora *Zadiprion falsus* Smith en la Sierra Norte de Oaxaca, México: estado actual y perspectivas. *Agro productividad*, 11(7), 35-41. Recuperado de <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/913>
- Unión de Comunidades Productoras Forestales y Agropecuarias Zapoteco Chinanteca (UZACHI). (2006). *Programa de manejo forestal persistente para el aprovechamiento maderable de la comunidad de Santiago Xiacuí, Oaxaca. México*.

- Van Frankenhuyzen, K., & Nystrom, C. (2011). *The Bacillus thuringiensis toxin specificity database*. Calgary, Canadá: Natural Resources Canada. Recuperado de <https://cfs.nrcan.gc.ca/projects/119/2>
- Walker, K., Mendelsohn, M., Matten, S., Alphin, M., & Ave, D. (2003). The role of microbial Bt products in U.S. Crop protection. *Journal of New Seeds*, 5(1), 31-51. doi:10.1300/J153v05n01\_03.

## 5 APENDICES

Apéndice 1. Salida de *Zadiprion llanderalae* nov. sp. en estado adulto de un capullo recolectado.



Apéndice 2. *Zadiprion llanderalae* nov. sp. adulto obtenido de capullos obtenidos en laboratorio.



Apéndice 3. Sitio de muestreo de 1m<sup>2</sup> donde se recolectaron capullos en Ixtlán de Juárez.



Apéndice 4. Capullos de *Zadiprion llanderalae* nov. sp. A) Enteros, B) parasitados y C) de donde emergieron adultos.



Apéndice 5. Larvas de *Zadiprion llanderalae* nov. sp. en Santa Catarina Ixtepeji.



Apéndice 6. Árboles defoliados por *Zadiprion llanderalae* nov.sp. en Santa Catarina Ixtepeji.

